

TUGAS AKHIR

**PENGARUH LEBAR KONSTRUKSI TERHADAP TRANSMISI DAN
REFLEKSI GELOMBANG PADA PEMECAH GELOMBANG
KOMPOSIT BATU DAN BALOK KOTAK**



OLEH :

DARIUS LEYN

D 111 10 121

JURUSAN SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2017

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi kami pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Selanjutnya dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini , kami banyak sekali mendapatkan bantuan dan bimbingan dari banyak pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini izinkan kami menghaturkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

- Bapak Dr. Ir. Muh. Arsyad Thaha, MT selaku Ketua Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Bapak Ir. Achmad Bakri Muhiddin, MS selaku Sekretaris Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
- Bapak Ir. Frans Rabung, MSc sebagai Dosen Pembimbing I dalam penyusunan tugas akhir ini.
- Bapak Silman Pongmanda, ST, MT sebagai sebagai Dosen Pembimbing II dalam penyusunan tugas akhir ini.
- Ibu Dr.Eng. Ir. Hj. Rita Tahir Lopa,MT dan Bapak Dr.Eng. Ir. H. Farouk Maricar, Mt selaku Kepala dan Sekretaris Laboratorium Hidrolika
- Bapak-Ibu dosen dan staf administrasi pada Jurusan Sipil Fakultas Teknik

- Pak Ahmad Yani selaku Laboran di Laboratorium Hidraulika Jurusan Sipil Fakultas Teknik.
- Teman-teman pengurus Himpunan Mahasiswa Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin periode 2013/2014 atas loyalitasnya dalam berproses selama menjadi pengurus maupun mendampingi kepengurusan periode berikutnya.
- Arif, Jeky, Hasboy, Bambri, Ayi, Eko, Cuink, Ippank, Iqra, Sem, Cancu, Accul, One, Ryan, Rahim dan seluruh saudaraku di angkatan 2010 yang tidak bisa disebutkan satu persatu sebagai tempat saling bertukar pikiran, berbagi suka dan duka, serta memberikan inspirasi selama penulis menjadi mahasiswa.
- Williana yang menemani dari awal perkuliahan
- Saudara Venny, Sisca, Ely yang selalu memberi dukungan moril dan materil
- Terkhusus penulis persembahkan sujud dan rasa terima kasih kepada kedua orang tuaayahanda **Petrus Miru Leyndan** ibunda **Martina Olaatas** kasih sayang dan segala dukungan selama ini, baik spiritual maupun materil, serta seluruh keluarga besar atas dorongan dan dukungan do'a yang telah diberikan.

Penulis sadar bahwa dalam penulisan Tugas Akhir ini, tidak luput dari segala kesalahan dan kekurangan sehingga tidak menutup kemungkinan dalam tugas akhir ini terdapat kekeliruan dan ketidaksempurnaan. Oleh karena itu kami akan menerima segala kritik dan saran yang sifatnya membangun.

Tiada imbalan yang dapat diberikan penulis selain doa kepada Tuhan Yang Maha Esa, yang melimpahkan karunia-Nya kepada kita semua. Semoga karya ini dapat bermanfaat bagi dunia Teknik Sipil dan bagi kita semua.

Makassar, April 2017

Penulis

PENGARUH LEBAR KONSTRUKSI TERHADAP TRANSMISI DAN REFLEKSI GELOMBANG PADA PEMECAH GELOMBANG KOMPOSIT BATU DAN BALOK KOTAK

Darius Leyn

Mahasiswa S1 Jurusan Sipil Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin
Jl. Perintis Kemerdekaan Km.10 Makassar
Email :darius.leyn09@gmail.com

Ir. Frans Rabung, M.Sc

Dosen Jurusan Sipil Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

Silman Pongmanda, ST, MT

Dosen Jurusan Sipil Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

Abstrak: Pemecah gelombang vertical komposit balok kotak dan tiang pancang adalah breakwater yang dirancang berada tegak lurus garis pantai yang berguna untuk melindungi area pantai dari erosi dan abrasi yang disebabkan oleh energi gelombang. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh lebar konstruksi (B) dan panjang gelombang (L), kemudian menganalisis parameter-parameter yang berpengaruh terhadap koefisien refleksi, koefisien transmisi, dan koefisien disipasi pada peredam gelombang, serta untuk mengetahui perbandingan hasil penelitian terhadap parameter yang diperoleh antara masing-masing kedalaman. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Hidraulika Teknik Universitas Hasanuddin. Metode yang digunakan berbasis eksperimental dengan model skala yang digunakan 1:30. Karakteristik gelombang yang dihasilkan terdiri dari satu variasi stroke dan lima variasi periode serta tiga variasi kedalaman air. Pembacaan puncak dan lembah gelombang dilakukan secara elektronik melalui pembacaan dari wave monitor. Hasil penelitian menunjukkan bahwa parameter-parameter yang mempengaruhi koefisien refleksi, koefisien transmisi, dan koefisien disipasi gelombang pada pemecah gelombang komposit balok kotak dan tiang pancang adalah tinggi gelombang datang (H_i), periode gelombang (T), kedalaman air (h), lebar batu pengisi (B), dan porositas batu (n).

Kata kunci : Koefisien Refleksi (K_r), Koefisien Transmisi (K_t), Koefisien Lose (K_l).

Abstract : Vertical breakwater composite box beam and piling breakwater is designed to be perpendicular to the shoreline that are useful to protect coastal areas from erosion and abrasion caused by wave energy. This study aimed to determine the effect of width of construction (B) and wavelength (L) and then analyze the parameters that affect the reflection coefficient, transmission coefficient, and the coefficient of power dissipation in the damper waves, as well as to compare the results of the parameters obtained between each depth. This research was conducted at the Laboratory of Hydraulics Engineering Universitas Hasanuddin. The method used an experimental model based on the scale used 1:30. Characteristics waves generated consisting of a variety of strokes and five variations of the period as well as three variations of the water depth. The reading of peaks and troughs is done electronically through the reading of the wave monitor. The results showed that the parameters that affect the reflection coefficient, transmission coefficient, and the coefficient of dissipation of the waves on the breakwater composite box beam and piling is the height of the incoming wave (H_i), wave period (T), the depth of water (h), width stone filler (B), and the porosity of the rock (n).

Keywords : Reflection Coefficient (K_r), Transmission Coefficient (K_t), Lose Coefficient (K_l).

DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
LEMBAR JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR NOTASI	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxi

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	I-1
1.2. Maksud dan Tujuan	
1.2.1. Maksud Penelitian	I-2
1.2.2. Tujuan Penelitian	I-3
1.3. Pokok Bahasan dan Batasan Masalah	
1.3.1. Pokok Bahasan.....	I-3
1.3.2. Batasan Masalah	I-3
1.4. Sistematika Penulisan	I-4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Definisi Perforated Breakwater	II-1
2.2. Beberapa Studi Perforated Breakwater	II-2
2.3. Landasan Teori	
2.3.1. Peredam Gelombang/ Breakwater	II-5
2.3.2. Teori Dasar Gelombang.....	II-7
2.3.3. Klasifikasi teori Gelombang	II-8
2.3.4. Parameter Gelombang	II-10
2.4. Teori Energi Gelombang	II-11
2.5. Gelombang Berdiri Parsial	II-13
2.6. Hukum dasar Model	
2.6.1. Sebangun Geometrik	II-16
2.6.2. Sebangun Kinematik.....	II-17
2.6.3. Sebangun Dinamik.....	II-18
2.7. Analisa Dimensi	II-20
2.8. Koefisien Korelasi dan Determinasi.....	II-23

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian.....	III-1
3.2. Studi Awal	
3.2.1. Saluran Pembangkit Gelombang (Wave Flume)	III-1
3.2.2. Unit Pembangkit Gelombang	III-2

3.2.3. Karakteristik Gelombang.....	III-3
3.3. Jenis Penelitian dan Sumber Data	
3.3.1. Jenis Penelitian	III-4
3.3.2. Sumber Data	III-4
3.4. Parameter yang Diteliti.....	III-4
3.5. Prosedur dan Rancangan Penelitian	
3.5.1. Prosedur	III-5
3.5.2. Perancangan Penelitian	III-6
3.6. Pelaksanaan Penelitian	III-11

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian	
4.1.1. Panjang Gelombang.....	IV-1
4.1.2. Data Tinggi Gelombang	IV-1
4.1.3. Gelombang Refleksi	IV-3
4.1.4. Gelombang Transmisi.....	IV-5
4.1.5. Gelombang Disipasi.....	IV-6
4.2. Pembahasan	
4.2.1. Hasil pengamatan	
4.2.1.1. Hubungan koefisien transmisi (K_t) dengan panjang gelombang (L), lebar konstruksi (B) ...	IV-8
4.2.1.2. Hubungan koefisien refleksi (K_r) dengan panjang gelombang (L), lebar konstruksi (B)	IV-10

4.2.1.3. Hubungan koefisien energilose (Kel) dengan panjang gelombang (L), lebar konstruksi (B) ...	IV-11
---	-------

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.Kesimpulan	V-1
5.2.Saran	V-3

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

	<i>Halaman</i>
Tabel 2.1. Tabel Keuntungan dan kerugian tipe pemecah gelombang	II-6
Tabel 2.2. Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam	II-8
Tabel 3.1 Karakteristik gelombang	III-3
Tabel 3.2. Rancangan Simulasi Model.....	III-10
Tabel 4.1. Pengamatan tinggi gelombang lebar10 cm	IV-2
Tabel 4.2. Hasil Rekapitulasi perhitungan model pemecah gelombang pada lebar10 cm.....	IV-7

DAFTAR GAMBAR

	<i>Halaman</i>
Gambar 2.1 Perforated-Wall Caisson/ Breakwater (Takahashi, 1996 dalam Indra, 2011)	II-1
Gambar 2.2 Sketsa model <i>perforated-wall caisson breakwater</i> : (a) <i>fully perforated-wall</i> (b) <i>partially perforated-wall</i> (Suh dkk, 2006 dalam Indra 2011)	II-2
Gambar 2.3 Sketsa konfigurasi penelitian <i>Hollow Hemispherical Shape Artificial Reefs</i> (HSAR) oleh Armono dan Hall 2002	II-3
Gambar 2.4. Sketsa percobaan <i>perforated breakwater</i> oleh Ariyaratne, 2007(a) Tampak samping (b) Tampak depan	II-4
Gambar 2.5 Sketsa <i>Perforated Skirt Breakwater</i> oleh Andojo dkk 2010	II-5
Gambar 3.1 Tangki Pembangkit Gelombang (Wave Flume)	III-1
Gambar 3.2 Unit Pembangkit gelombang tipe flap	III-2
Gambar 3.3 Flowchart Prosedur Percobaan Penelitian	III-5
Gambar 3.4 Sketsa model Pemecah Gelombang Komposit Batu dan Balok Kotak	III-7
Gambar 3.5 Model Pemecah Gelombang tanpa isian batu.....	III-8
Gambar 3.6 Sketsa potongan wave flume yang digunakan dengan posisi model dan instrumentasi	III-8
Gambar 3.7 Posisi Probe 1 dan Probe 2 untuk penentuan Hmax dan Hmin .	III-9

Gambar 3.8 Wave Monitor dan Probe.....	III-10
Gambar 4.1 Model emecah gelombang di dalam wave flume	IV-3
Gambar 4.2 Hubungan koefisien transmisi (K_t) dengan panjang gelombang (L), lebar konstruksi (B), dan porositas batu (n).....	IV-8
Gambar 4.3 Hubungan koefisien refleksi (K_r) dengan panjang gelombang (L), lebar konstruksi (B), dan porositas batu (n).....	IV-10
Gambar 4.4 Hubungan koefisien energilose (K_{el}) dengan panjang gelombang (L), lebar konstruksi (B), dan porositas batu (n).....	IV-11

DAFTAR NOTASI

B	:	Lebar Struktur
C	:	Kecepatan rambat gelombang
h	:	Kedalaman air
(x,t)	:	Fluktuasi muka air terhadap muka air diam
g	:	Percepatan gravitasi bumi
H	:	Tinggi gelombang
H_a	:	Tinggi gelombang absorpsi
H_B	:	Tinggi gelombang selebar B (lebar bangunan)
H_i	:	Tinggi gelombang datang
H_{max}	:	Tinggi gelombang maximum
H_{min}	:	Tinggi gelombang minimum
H_s	:	Tinggi gelombang berdiri
H_p	:	Tinggi gelombang parsial
H_r	:	Tinggi gelombang refleksi
H_t	:	Tinggi gelombang transmisi
H_w	:	Tinggi gelombang pada dinding vertikal
k	:	Bilangan gelombang
K_a	:	Koefisien absorpsi gelombang
K_r	:	Koefisien refleksi gelombang
K_t	:	Koefisien transmisi gelombang
K_{el}	:	Koefisien kehilangan energy (lose) gelombang

KEa	:	Koefisien energi absorpsi gelombang
KEr	:	Koefisien energi refleksi
KEt	:	Koefisien energi transmisi
L	:	Panjang gelombang
na	:	Skala percepatan model
n_g	:	Skala gravitasi
nh	:	Skala tinggi model
nL	:	Skala panjang model
nT	:	Skala waktu model
\overline{P}	:	Transfer energi gelombang rata-rata
	:	Rapat massa air
t	:	Waktu penjalaran gelombang
T	:	Periode gelombang

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Dokumentasi Penelitian

Lampiran 2. Tabel rancangan simulasi model

Lampiran 3. Tabel data hasil pengamatan

Lampiran 4. Tabel rekapitulasi hasil perhitungan

Lampiran 5. Perhitungan nilai berat jenis agregat

Lampiran 6. Perhitungan nilai porositas agregat

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Pemecah gelombang atau dalam bahasa Inggris breakwater adalah prasarana yang dibangun untuk memecahkan ombak/gelombang air laut dengan menyerap sebagian energi gelombang. Pemecah gelombang digunakan untuk mengendalikan abrasi yang menggerus pantai dan untuk menenangkan gelombang di pelabuhan sehingga kapal dapat merapat di pelabuhan dengan lebih mudah dan cepat.

Breakwater atau pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai. Tipe pertama banyak digunakan pada perlindungan perairan pelabuhan, sedangkan tipe kedua banyak digunakan untuk perlindungan pantai terhadap erosi. Pemecah gelombang tipe lepas pantai adalah bangunan yang dibuat sejajar dengan pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai.

Bangunan ini berfungsi untuk melindungi pantai yang terletak di belakangnya dari serangan gelombang yang dapat mengakibatkan erosi pada pantai. Perlindungan oleh pemecah gelombang lepas pantai terjadi karena berkurangnya energi gelombang yang sampai di perairan di belakang bangunan. Karena pemecah gelombang ini dibuat terpisah ke arah lepas pantai, tapi masih di dalam zona gelombang pecah (breaking zone). Maka bagian sisi luar pemecah gelombang memberikan perlindungan dengan meredam energi gelombang I-2 sehingga gelombang dan arus di belakangnya dapat dikurangi.

Gelombang yang menjalar mengenai suatu bangunan peredam gelombang sebagian energinya akan dipantulkan (refleksi), sebagian diteruskan (transmisi), dan sebagian dihancurkan (disipasi) melalui pecahnya gelombang. Pembagian besarnya gelombang yang dipantulkan, dihancurkan, dan diteruskan tergantung karakteristik gelombang datang

(periode, tinggi gelombang, kedalaman air), tipe bangunan peredam gelombang (permukaan halus dan kasar, lolos air dan tidak lolos air) dan geometri bangunan peredam (kemiringan, elevasi, dan puncak bangunan)

Selama ini pembangunan pemecah gelombang dan revetment yang baik sangat terabaikan. Ada banyak groin dan revetment yang dibangun untuk melindungi pantai-pantai yang kritis, tetapi pembangunannya asal jadi sehingga tidak bertahan lama. Penyebab langkanya pembangunan pemecah gelombang yang baik adalah mahalnya biaya yang diperlukan akibat sulitnya pekerjaan di laut dan banyaknya material yang dibutuhkan. Ditambah lagi dengan begitu ketatnya persyaratan-persyaratan lingkungan hidup sehingga menyulitkan pengambilan material dalam jumlah besar dari peledakan gunung-gunung batu.

Dari permasalahan-permasalahan tersebut maka kami menuangkan dalam bentuk penulisan tugas akhir atau skripsi dengan judul :

“PENGARUH LEBAR KONSTRUKSI TERHADAP TRANSMISI DAN REFLEKSI GELOMBANG PADA PEMECAH GELOMBANG KOMPOSIT BATU DAN BALOK KOTAK”

1.2 Maksud dan Tujuan

1.2.1. Maksud Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah sebagai bahan pertimbangan pengembangan teknologi pemecah gelombang dan sebagai acuan penelitian-penelitian selanjutnya mengenai pemecah gelombang yang efisien dan ekonomis.

1.2.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penulisan skripsi ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh lebar konstruksi terhadap refleksi gelombang pada pemecah gelombang komposit batu dan balok kotak

2. Untuk mengetahui pengaruh lebar konstruksi terhadap transmisi gelombang pada pemecah gelombang komposit batu dan balok kotak

1.3 Pokok Bahasan dan Batasan Masalah

1.3.1. Pokok Bahasan

Pokok bahasan pada penelitian ini adalah menentukan nilai koefisien refleksi, transmisi, dan disipasi pemecah gelombang vertikal komposit balok kotak dan tiang pancang dengan pengisip batu sehingga memberikan informasi tentang pengaruh spektrum gelombang berdasarkan nilai koefisien-koefisien tersebut.

1.3.2. Batasan Masalah

Berdasarkan fasilitas dan kondisi yang ada, maka batasan penelitian ditetapkan sebagai berikut :

1. Arah datang gelombang tegak lurus terhadap struktur
2. Gelombang dibangkitkan adalah gelombang pada kondisi belum pecah
3. Gaya gelombang terhadap stabilitas model uji tidak dikaji
4. Air yang terdapat pada flume merupakan air tawar
5. Dasar perairan model berupa rata dan kedap
6. Struktur model dianggap kokoh/ tidak bergeser
7. Model yang digunakan adalah pemecah gelombang sisi tegak
8. Model yang digunakan dua jenis desain bentuk terlampir

1.4 Sistematika Penulisan

Guna memudahkan penyusunan skripsi serta untuk memudahkan pembaca memahami uraian dan makna secara sistematis, maka skripsi disusun berpedoman pada pola sebagai berikut

Bab I : PENDAHULUAN

Pendahuluan terdiri atas latar belakang penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan dan manfaat penelitian.

Bab II: TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini dijelaskan mengenai kerangka acuan yang memuat berisi tentang teori singkat yang digunakan dalam menyelesaikan dan membahas permasalahan penelitian.

Bab III: METODE PENELITIAN

Dalam bab ini dijelaskan langkah-langkah sistematis penelitian terdiri atas lokasi dan waktu penelitian, langkah – langkah kegiatan penelitian, jenis penelitian, perolehan data, hukum dasar model, variabel yang diteliti, perancangan model, perancangan simulasi, bahan dan alat penelitian, dan simulasi model.

Bab IV: HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian dan pembahasan.

Bab V: PENUTUP

Bab

ini merupakan penutup dari keseluruhan isi penelitian berupa kesimpulan dan saran atas permasalahan yang telah dibahas pada bab sebelumnya.

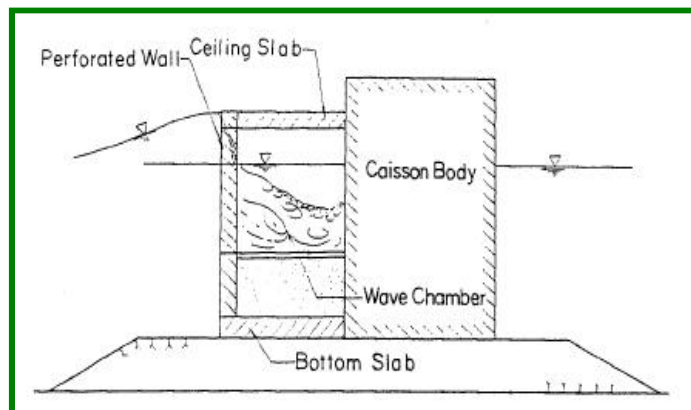
BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Perforated breakwater

Perforated wall breakwater pertama kali diusulkan pada tahun 1961 oleh G. E. Jarlan. *Breakwater* jenis ini diadopsi dari *breakwater* bentuk kaisan dengan memodifikasi dinding vertikal bagian depan kaisan (yang menghadap ke laut) diberi perforasi, sedangkan dinding kaisan bagian belakang adalah dinding *impermeable*. Ruang yang ada diantara dinding depan dan belakang disebut *wave chamber*.

Karena kemampuannya dalam menyerap energi gelombang dan stabilitas yang tinggi terhadap gelombang, tipe kaisan tersebut dimanfaatkan dan diadopsi sebagai *seawall* dan *breakwater*. Meskipun pada awalnya *perforated wall caisson* (kaisan dinding berpori) ditujukan untuk laut yang relatif tenang, pada tahap selanjutnya sudah dimanfaatkan untuk laut terbuka (Takahashi, 1996).

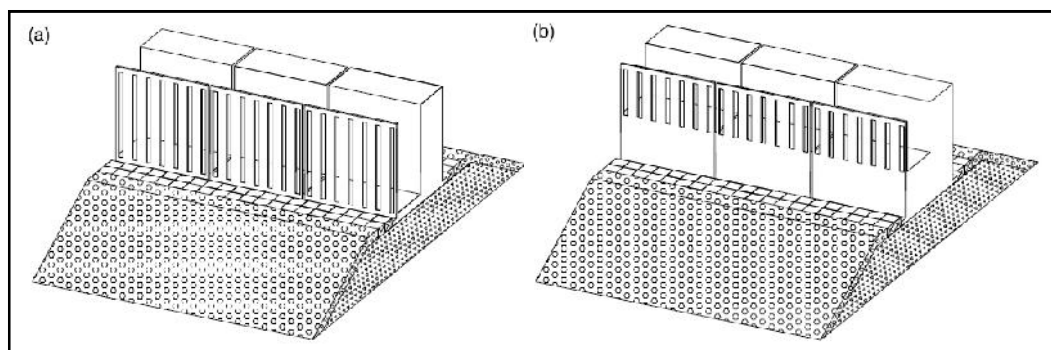


Gambar 2.1 Perforated-Wall Caisson/ Breakwater(Takahashi, 1996 dalam Indra, 2011)

2.2 Beberapa Studi Perforated Breakwater

Suh dkk (2006) dalam Indra (2011) mengembangkan model numerik untuk menghitung refleksi dari gelombang *irregular* untuk *breakwater* kaison dengan perforasi pada sebagian dindingnya. Mereka memodifikasi penelitian sebelumnya tentang model numerik dari refleksi gelombang *reguler* pada *breakwater* kaison dengan perforasi penuh pada dindingnya. Model numerik tersebut kemudian diverifikasi dengan melakukan pengujian model fisik di laboratorium.

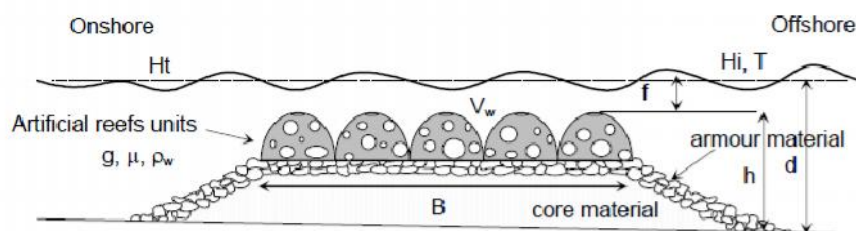
Dari pengujian model kaison dengan perforasi pada sebagian dindingnya (*partially perforated-wall caisson breakwater*) diperoleh bahwa, koefisien refleksi bernilai minimum baik untuk gelombang *regular* dan *irregular* pada saat B/L_c dan B/L_{cs} adalah sekitar 0,2 dimana B adalah lebar *wave chamber*, L_c adalah panjang gelombang didalam *wave chamber* dan L_{cs} adalah panjang gelombang signifikan didalam *wave chamber*.



Gambar 2.2 Sketsa model *perforated-wall caisson breakwater* : (a) *fully perforated-wall*

(b) *partially perforated-wall* (Suh dkk, 2006 dalam Indra 2011)

Armono dan Hall 2002 dalam Ariyaratne 2007 dalam Andojo dkk 2010 melakukan penelitian terhadap terumbu karang berongga/*Hollow Hemispherical Shape Artificial Reef* (HSAR), mengungkapkan pengurangan tinggi gelombang dipengaruhi oleh kecuraman gelombang (wave steepness), kedalaman struktur yang tenggelam dan geometri karang. Hasil penelitian mengungkapkan sekitar 60% energi gelombang yang datang dapat dikurangi. Konfigurasi penelitian oleh Armono dan Hall dapat dilihat pada Gambar 2.1 beserta dengan parameter penelitian, dimana B adalah lebar total dari beberapa terumbu karang, h adalah jarak dari dasar perairan hingga bagian teratas dari terumbu karang, dan d adalah kedalaman perairan. Adapun dalam penelitian tersebut, Armono dan Hall meletakkan terumbu karang buatan berongga di atas struktur solid.

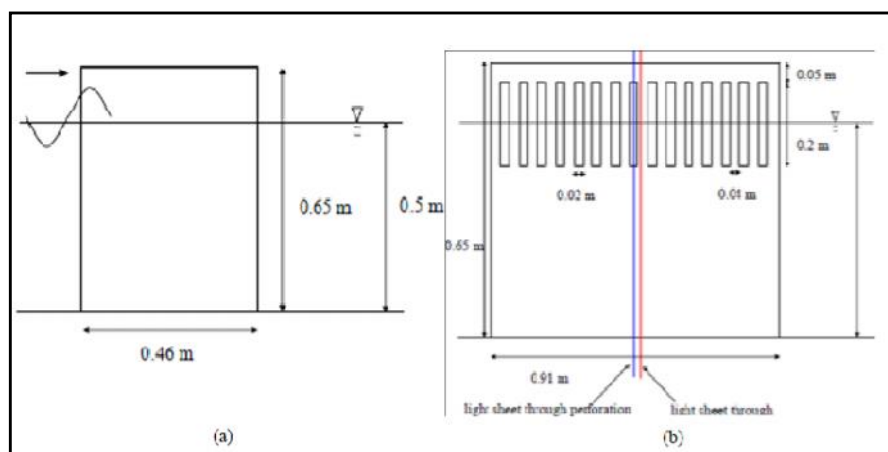


Gambar 2.3 Sketsa konfigurasi penelitian *Hollow Hemispherical*

Shape Artificial Reefs (HSAR) oleh Armono dan Hall 2002

Ariyaratne 2007 dalam Andojo dkk 2010, melakukan penelitian terhadap *Perforated Breakwater*. Dimana struktur *breakwater* terdiri dari struktur masif dari dasar hingga ke bagian atas *breakwater* dengan bagian perforasi pada bagian atas (gambar 2.2), Ariyaratne menemukan refleksi, transmisi dan energy disipasi

tergantung pada parameter B/L , dimana B adalah lebar struktur dan L adalah panjang gelombang. Untuk kondisi gelombang yang diuji, energi disipasi berkisar antara 56% dan 78%, dan untuk lebih dari 75% dari kasus yang diuji, energi disipasinya di atas 69%. Ini berarti struktur sangat efektif untuk energy disipasi. Sementara koefisien refleksi menurun dengan meningkatnya B/L sampai sekitar 0,225 dan nilai koefisien refleksi mulai meningkat kembali. Koefisien refleksi minimum terjadi pada $B/L = 0,2 - 0,25$. Hal ini sejalan dengan Kondo (1979), Suh, dkk. (2006) dan Hagiwara (1984).

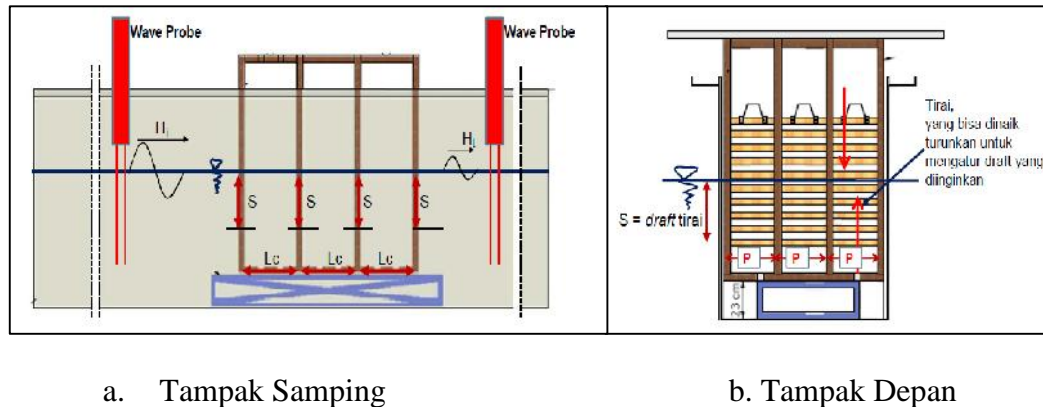


Gambar 2.4. Sketsa percobaan *perforated breakwater* oleh Ariyaratne, 2007

(a) Tampak samping (b) Tampak depan

Sementara itu Andoyo Wurjanto, Harman Ajiwibowo, dan Rahmat Zamzami 2010 dalam Jurnal Teknik Sipil vol.17 no.3 Desember 2010 Jurusan Ilmu Kelautan Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan Institut Teknologi Bandung, meneliti *Perforated Skirt Breakwater*. Andoyo dkk mendapatkan semakin besar

nilai *draft breakwater* (S), maka nilai koefisien transmisi semakin kecil (K_T) atau semakin besar energi disipasi yang terjadi. Semakin kecil nilai koefisien K_T berarti semakin baik fungsi dari *breakwater*. Sketsa Penelitian Andojo dkk dapat dilihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Sketsa *Perforated Skirt Breakwater* oleh Andojo dkk 2010

2.3 Landasan teori

1.3.1. Pemecah Gelombang/ Breakwater

Pemecah gelombang dapat dibedakan menjadi dua macam yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai. Pemecah gelombang sambung pantai merupakan bangunan yang digunakan untuk melindungi daerah perairan dari laut bebas, sehingga perairan pelabuhan tidak banyak dipengaruhi oleh gelombang besar di laut. Dengan adanya pemecah gelombang ini daerah perairan pelabuhan menjadi tenang dan kapal bisa melakukan kegiatan bongkar muat. Sedangkan pemecah gelombang lepas pantai merupakan bangunan yang dibuat sejajar pantai dan berada pada jarak tertentu dari garis pantai. Bangunan ini direncanakan untuk melindungi pantai yang terletak di belakangnya dari serangan gelombang.

Perlindungan oleh pemecah gelombang lepas pantai terjadi karena berkurangnya energi gelombang yang sampai di perairan di belakang bangunan. Berkurangnya energi gelombang di daerah terlindung akan mengurangi transpor sedimen yang menyebabkan pengendapan sedimen di daerah tersebut. Pengendapan tersebut menyebabkan terbentuknya *cusate*, sedangkan apabila bangunan ini cukup panjang terhadap jaraknya dari garis pantai, maka akan terbentuk tombolo.

Berdasarkan bentuknya, pemecah gelombang terdiri pemecah gelombang sisi miring, pemecah gelombang sisi tegak dan pemecah gelombang campuran (Triatmojo, 1999). Keuntungan dan kerugian ketiga tipe tersebut disajikan pada tabel dibawah ini.

Tabel 2.1. Tabel Keuntungan dan kerugian tipe pemecah gelombang

<i>Tipe</i>	<i>Keuntungan</i>	<i>Kerugian</i>
Pemecah Gelombang Sisi Miring	<ol style="list-style-type: none"> 1. Elevasi puncak bangunan rendah 2. Gelombang refleksi kecil 3. Kerusakan berangsur-angsur 4. Perbaikan mudah 5. Murah 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Dibutuhkan jumlah material besar 2. Pelaksanaan pekerjaan lama 3. Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan besar 4. Lebar dasar besar
Pemecah Gelombang Sisi Tegak	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pelaksanaan pekerjaan cepat 2. Kemungkinan kerusakan pada 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mahal 2. Elevasi puncak bangunan

	<p>waktu pelaksanaan kecil</p> <p>3. Luas perairan pelabuhan lebih besar</p> <p>4. Sisi dalamnya dapat digunakan sebagai dermaga</p> <p>5. Biaya perawatan kecil</p>	<p>tinggi</p> <p>3. Tekanan gelombang besar</p> <p>4. Kesulitan saat perbaikan</p> <p>5. Diperlukan peralatan berat</p> <p>6. Erosi pada kaki pondasi</p>
Pemecah Gelombang Campuran	<p>1. Pelaksanaan pekerjaan cepat</p> <p>2. Kemungkinan kerusakan pada waktu pelaksanaan kecil</p> <p>3. Luas perairan pelabuhan besar</p>	<p>1. Mahal</p> <p>2. Diperlukan peralatan berat</p>

1.3.2. Teori Dasar Gelombang

Gelombang di alam memiliki bentuk sangat kompleks dan sulit digambarkan secara matematis karena ketidak-linieran, tiga dimensi dan mempunyai bentuk yang random. Adapun beberapa teori gelombang yang ada hanya menggambarkan bentuk gelombang yang sederhana dan merupakan pendekatan gelombang alam.

Terdapat beberapa teori untuk menjelaskan fenomena gelombang yang terjadi di alam, antara lain sebagai berikut :

1. Teori gelombang linier (*Airy Wave Theory, Small-Amplitude Wave Theory*)
2. Teori gelombang non linier (*Finite-Amplitude Wave Theories*), diantaranya :
 - Gelombang *Stokes* orde 2, orde 3, orde 4 dan seterusnya.
 - Gelombang *Cnoidal*
 - Gelombang *Solitary*

Masing-masing teori tersebut mempunyai batasan keberlakuan yang berbeda. Teori gelombang *Airy* merupakan gelombang amplitudo kecil, sedang teori yang lain adalah gelombang amplitudo terbatas (*finite amplitudo waves*).

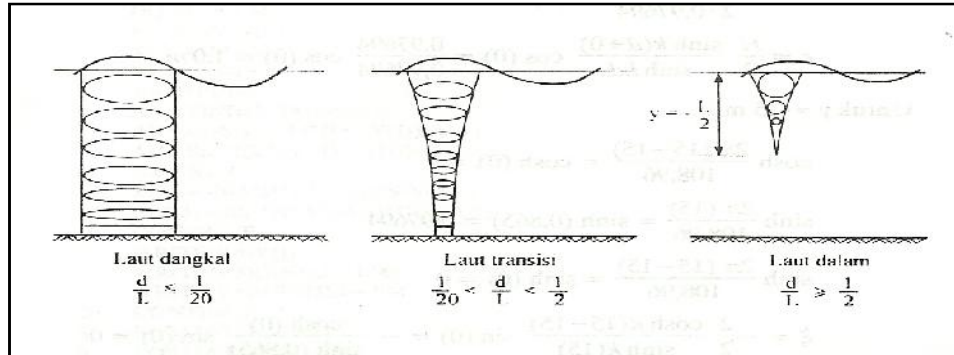
1.3.3. Klasifikasi teori gelombang

Jika ditinjau dari kedalaman relatif dimana gelombang menjalar, maka gelombang dikelompokkan dalam 3 kategori yaitu gelombang laut dangkal, gelombang laut transisi dan gelombang laut dalam. Batasan dari ketiga kategori tersebut didasarkan pada rasio antara kedalaman dan panjang gelombang (d/L). Batasan penggunaannya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.2. Batasan gelombang air dangkal, air transisi dan air dalam

Kategori gelombang	d/L	$2 d/L$	$\tanh(2 d/L)$
Laut dalam	$> 1/2$	$>$	≈ 1
Laut transisi	$1/20 - 1/2$	$0,25 -$	$\tanh(2 d/L)$
Laut dangkal	$< 1/20$	$< 0,25$	$2 d/L$

Dalam gelombang terdapat partikel-partikel air yang berubah selama penjalaran gelombang dari laut dalam sampai laut dangkal. Bentuk partikel yang terdapat dalam gelombang yang bergerak menuju laut dangkal digambarkan pada gambar berikut.



Gambar 2.6 Gerak partikel air dalam gelombang

Relative Depth	Shallow Water $\frac{d}{L} < \frac{1}{25}$	Transitional Water $\frac{1}{25} < \frac{d}{L} < \frac{1}{2}$	Deep Water $\frac{d}{L} > \frac{1}{2}$
1. Wave profile	Same As >	$\eta = \frac{H}{2} \cos \left[\frac{2\pi x}{L} - \frac{2\pi t}{T} \right] = \frac{H}{2} \cos \theta$	< Same As
2. Wave celerity	$C = \frac{L}{T} = \sqrt{gd}$	$C = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi} \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$	$C = C_0 = \frac{L}{T} = \frac{gT}{2\pi}$
3. Wavelength	$L = T\sqrt{gd} = CT$	$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh \left(\frac{2\pi d}{L} \right)$	$L = L_0 = \frac{gT^2}{2\pi} = C_0 T$
4. Group velocity	$C_g = C = \sqrt{gd}$	$C_g = nC = \frac{1}{2} \left[1 + \frac{4\pi d/L}{\sinh(4\pi d/L)} \right] C$	$C_g = \frac{1}{2} C = \frac{gT}{4\pi}$
5. Water particle velocity			
(a) Horizontal	$u = \frac{H}{2} \sqrt{\frac{g}{d}} \cos \theta$	$u = \frac{H}{2} \frac{gT}{L} \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \cos \theta$	$u = \frac{\pi H}{T} e^{\left(\frac{2\pi z}{L}\right)} \cos \theta$
(b) Vertical	$w = \frac{H\pi}{T} \left(1 + \frac{z}{d} \right) \sin \theta$	$w = \frac{H}{2} \frac{gT}{L} \frac{\sinh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \sin \theta$	$w = \frac{\pi H}{T} e^{\left(\frac{2\pi z}{L}\right)} \sin \theta$
6. Water particle accelerations			
(a) Horizontal	$a_x = \frac{H\pi}{T} \sqrt{\frac{g}{d}} \sin \theta$	$a_x = \frac{g\pi H}{L} \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \sin \theta$	$a_x = 2H \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 e^{\left(\frac{2\pi z}{L}\right)} \sin \theta$
(b) Vertical	$a_z = -2H \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 \left(1 + \frac{z}{d} \right) \cos \theta$	$a_z = -\frac{g\pi H}{L} \frac{\sinh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} \cos \theta$	$a_z = -2H \left(\frac{\pi}{T} \right)^2 e^{\left(\frac{2\pi z}{L}\right)} \cos \theta$
7. Water particle displacements			
(a) Horizontal	$\xi = -\frac{HT}{4\pi} \sqrt{\frac{g}{d}} \sin \theta$	$\xi = -\frac{H}{2} \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\sinh(2\pi d/L)} \sin \theta$	$\xi = -\frac{H}{2} e^{\left(\frac{2\pi z}{L}\right)} \sin \theta$
(b) Vertical	$\zeta = \frac{H}{2} \left(1 + \frac{z}{d} \right) \cos \theta$	$\zeta = \frac{H}{2} \frac{\sinh[2\pi(z+d)/L]}{\sinh(2\pi d/L)} \cos \theta$	$\zeta = \frac{H}{2} e^{\left(\frac{2\pi z}{L}\right)} \cos \theta$
8. Subsurface pressure	$p = \rho g(\eta - z)$	$p = \rho g\eta \frac{\cosh[2\pi(z+d)/L]}{\cosh(2\pi d/L)} - \rho gz$	$p = \rho g\eta e^{\left(\frac{2\pi z}{L}\right)} - \rho gz$

Figure II-1-9. Summary of linear (Airy) wave theory - wave characteristics

Gambar 2.7 Rangkuman dari teori gelombang linear Airy

1.3.4. Parameter Gelombang

Berdasarkan teori *Airy* maka gerak gelombang dianggap sebagai kurva sinus harmonis (*sinusoidal progressive wave*), gelombang dapat dijelaskan secara geometris (Triatmojo, 1999) berdasarkan :

- a. Tinggi gelombang (H), yaitu jarak antara puncak dan lembah gelombang dalam satu periode gelombang.
- b. Panjang gelombang (L), jarak antara dua puncak gelombang yang berurutan.

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L_o}\right) \dots\dots\dots (2.1)$$

Dengan menggunakan cara iterasi maka persamaan (2.1) dapat diselesaikan untuk menentukan panjang gelombang (L). Pada persamaan (2.1) diperlukan panjang gelombang awal (L_o) dengan menggunakan persamaan berikut:

$$L_o = 1,56T^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

- c. Jarak antara muka air rerata dan dasar laut (d) atau kedalaman laut.

Ketiga parameter tersebut diatas digunakan untuk menentukan parameter gelombang lainnya, seperti :

- a. Kemiringan gelombang (*wave steepness*) = H/L
- b. Ketinggian relatif (*relative height*) = H/d
- c. Kedalaman relatif (*relative depth*) = d/L

Parameter penting lainnya seperti :

- Amplitudo gelombang (A), biasanya diambil setengah tinggi gelombang ($\frac{H}{2}$),

- Periode gelombang (T), yaitu interval waktu yang dibutuhkan antara 2 puncak gelombang (*wave crest*),
- Frekuensi (f), yaitu jumlah puncak gelombang yang melewati titik tetap per-detik. Frekuensi berbanding terbalik dengan periode, $f = \frac{1}{T}$. Satu periode gelombang dapat juga dinyatakan dalam ukuran sudut (θ) = 2π seperti dijelaskan pada gambar dibawah ini.

2.4 Teori Energi Gelombang

Gelombang yang menjalar melalui suatu rintangan, sebagian dari energi gelombang akan dihancurkan melalui proses gesekan, turbulensi dan gelombang pecah, dan sisanya akan dipantulkan (refleksi), dihancurkan (disipasi) dan yang diteruskan (transmisi) tergantung dari karakteristik gelombang datang (periode, tinggi gelombang dan panjang gelombang), tipe perlindungan pantai (permukaan halus atau kasar) dan dimensi serta geometri perlindungan (kemiringan, elevasi dan lebar halangan) serta kondisi lingkungan setempat (kedalaman air dan kontur dasar pantai) (CERC, 1984). Parameter refleksi gelombang biasanya dinyatakan dalam bentuk koefisien refleksi (K_r) yang didefinisikan sebagai berikut :

$$K_r = \frac{H_r}{H_i} = \sqrt{\frac{E_r}{E_i}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana energi refleksi $E_r = \frac{1}{8} \rho g H_r^2$ dan energi gelombang datang adalah $E_i = \frac{1}{8} \rho g H_i^2$ dengan ρ adalah rapat massa zat cair dan g adalah percepatan gravitasi. Nilai K_r berkisar dari 1,0 untuk refleksi total dan 0 untuk tidak ada refleksi. Sedangkan koefisien transmisi (K_t) dihitung dengan persamaan berikut :

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} = \sqrt{\frac{E_t}{E_i}} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dimana energi gelombang transmisi adalah $E_t = \frac{1}{8} \rho g H_t^2$

Menurut teori Airy, energy luas per satuan luas permukaan laut adalah $E = \frac{1}{8} \rho g H^2$ berdasarkan hukum kekekalan energi $E_i = E_t + E_r + E_l$. Selanjutnya ada 2 pendekatan untuk menjabarkannya :

$$E_i = E_t + E_r + E_l$$

$$E_i = \frac{1}{8} \rho g H_i^2 \quad E_r = \frac{1}{8} \rho g H_r^2 \quad E_t = \frac{1}{8} \rho g H_t^2 \quad E_l = \frac{1}{8} \rho g H_l^2$$

$$\frac{1}{8} \rho g H_i^2 = \frac{1}{8} \rho g H_t^2 + \frac{1}{8} \rho g H_r^2 + \frac{1}{8} \rho g H_l^2$$

$$1 = \frac{H_t^2}{H_i^2} + \frac{H_r^2}{H_i^2} + \frac{H_l^2}{H_i^2}$$

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \quad K_r = \frac{H_r}{H_i} \quad K_l = \frac{H_l}{H_i}$$

$$1 = K_t^2 + K_r^2 + K_l^2$$

$$K_l = \sqrt{1 - K_r^2 - K_t^2} \dots\dots\dots(2.5)$$

$$K_t = \frac{H_t}{H_i} \quad K_r = \frac{H_r}{H_i} \quad K_{el} = \frac{E_l}{E_i}$$

$$1 = K_t^2 + K_r^2 + \frac{E_l}{E_i}$$

$$K_{el} = 1 - K_r^2 - K_t^2 \dots\dots\dots(2.6)$$

Dalam penelitian ini rumus yang digunakan adalah : $K_{el} = 1 - K_r^2 - K_t^2$.

2.5 Gelombang Berdiri Parsial

Apabila gelombang yang merambat melewati suatu penghalang, maka gelombang tersebut akan dipantulkan kembali oleh penghalang tersebut. Apabila pemantulanya sempurna atau gelombang datang dipantulkan seluruhnya, maka tinggi gelombang di depan penghalang menjadi dua kali tinggi gelombang datang dan disebut gelombang berdiri (*standing wave*). Akan tetapi jika penghalang memiliki porositas atau tidak dapat memantulkan secara sempurna, maka tinggi gelombang di depan penghalang akan kurang dari dua kali tinggi gelombang datang dan pada kondisi ini disebut gelombang berdiri parsial (sebagian). Contoh kejadian gelombang parsial adalah gelombang yang membentur pantai atau pemecah gelombang (*breakwater*) mengalami pemantulan energi yang tidak sempurna.

Jika suatu gelombang yang mengalami pemantulan yang tidak sempurna membentur suatu penghalang, maka tinggi gelombang datang H_i akan lebih besar dari tinggi gelombang yang direfleksikan H_r . Periode gelombang datang dan yang dipantulkan adalah sama, sehingga panjang gelombangnya juga sama. Profil gelombang total di depan penghalang adalah (Dean dan Dalrymple, 1994) :

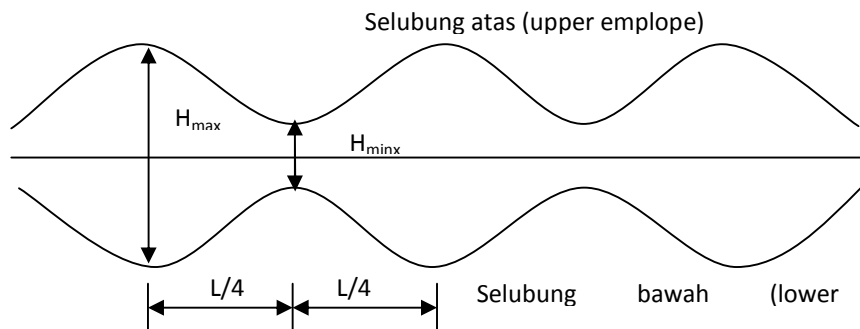
$$y = \frac{H_i}{2} \cos(kx - \dagger t) + \frac{H_r}{2} \cos(kx + \dagger t + v) \dots \dots \dots (2.7)$$

Karena pemantulan yang tidak sempurna, menyebabkan tidak ada node yang sebenarnya dari profil gelombang tersebut. Profil gelombang untuk gelombang berdiri parsial ini dapat dilihat pada (Gambar 2.6).

Untuk memisahkan tinggi gelombang datang dan tinggi gelombang yang direfleksikan, maka Persamaan (2.5) ditulis dalam bentuk lain seperti berikut :

$$y_t = \frac{H_i}{2} (\cos kx \cos \dagger t + \sin kx \sin \dagger t) + \frac{H_r}{2} (\cos(kx + v) \cos \dagger t - \sin(kx + v) \sin \dagger t) \dots \dots \dots (2.8)$$

$$y_t = \left(\frac{H_i}{2} \cos kx + \frac{H_r}{2} \cos(kx + v) \right) \cos \dagger t + \left(\frac{H_i}{2} \sin kx - \frac{H_r}{2} \sin(kx + v) \right) \sin \dagger t \dots \dots \dots (2.9)$$



Gambar 2.8 Profil gelombang berdiri parsial

Dengan menguraikan persamaan (2.6) dan (2.7) diperoleh elevasi muka air maksimum dan minimum untuk gelombang berdiri sebagian seperti berikut (Pao'tonan.C, 2006) :

$$y_{t \max} = \frac{H_i + H_r}{2} \dots \dots \dots (2.10)$$

$$y_{t\min} = \frac{H_i - H_r}{2} \dots\dots\dots (2.11)$$

Dengan mengeliminasi Persamaan (2.21) dan (2.22) diperoleh :

$$H_i = \frac{H_{\max} + H_{\min}}{2} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$H_r = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{2} \dots\dots\dots (2.13)$$

Jika gelombang datang menghantam penghalang sebagian ditransmisikan, maka gelombang yang lewatpun akan mengalami hal yang sama seperti ketika membentur penghalang. Apabila gelombang yang ditransmisikan terhalang oleh suatu penghalang, maka tinggi gelombang transmisi H_t dapat dihitung dengan rumus :

$$H_t = \frac{(H_{\max})_t + (H_{\min})_t}{2} \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan demikian untuk eksperimen di laboratorium, dilakukan pengukuran pada beberapa titik baik di depan model maupun di belakang model guna menentukan tinggi gelombang maksimum dan minimum. Selanjutnya dengan menggunakan persamaan (2.10) sampai (2.12) tinggi gelombang datang, reflksi dan transmisi dapat dihitung.

2.6 Hukum Dasar Model

Konsep dasar pemodelan dengan bantuan skala model adalah membentuk kembali masalah atau fenomena yang ada di prototipe dalam skala yang lebih kecil, sehingga fenomena yang terjadi di model akan sebangun (mirip) dengan

yang ada di prototipe. Kesebangunan yang dimaksud adalah berupa sebangun geometrik, sebangun kinematik (Nur Yuwono, 1996).

Hubungan antara model dan prototipe diturunkan dengan skala, untuk masing-masing parameter mempunyai skala tersendiri dan besarnya tidak sama. Skala dapat didefinisikan sebagai rasio antara nilai yang ada di prototipe dengan nilai parameter tersebut pada model.

2.6.1 Sebangun Geometrik

Sebangun geometrik adalah suatu kesebangunan dimana bentuk yang ada di model sama dengan bentuk prototipe tetapi ukuran bisa berbeda. Perbandingan antara semua ukuran panjang antara model dan prototipe adalah sama. Ada dua macam kesebangunan geometrik, yaitu sebangun geometrik sempurna (tanpa distorsi) dan sebangun geometrik dengan distorsi (*distorted*). Pada sebangun geometrik sempurna skala panjang arah horisontal (skala panjang) dan skala panjang arah vertikal (skala tinggi) adalah sama, sedangkan pada *distorted* model skala panjang dan skala tinggi tidak sama. Jika memungkinkan sebaiknya skala dibuat tanpa distorsi, namun jika terpaksa, maka skala dapat dibuat distorsi. Sebangun geometrik dapat dinyatakan dalam bentuk :

$$n_L = \frac{L_p}{L_m} \dots\dots\dots(2.15)$$

$$n_h = \frac{h_p}{h_m} \dots\dots\dots (2.16)$$

Dengan :

- n_L = skala panjang
 n_h = skala tinggi
 L_p = ukuran panjang prototipe
 L_m = ukuran panjang model
 h_p = ukuran tinggi pada prototipe
 h_m = ukuran tinggi pada model

2.6.2 Sebangun kinematik

Sebangun kinematik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan perbandingan kecepatan dan percepatan aliran di dua titik pada model dan prototipe pada arah yang sama adalah sama besar. Pada model tanpa distorsi, perbandingan kecepatan dan percepatan pada semua arah adalah sama, sedangkan pada model dengan distorsi perbandingan yang sama hanya pada arah tertentu saja, yaitu pada arah vertikal atau horisontal. Oleh sebab itu pada permasalahan yang menyangkut tiga dimensi sebaiknya tidak menggunakan *distorted* model. Skala kecepatan diberi notasi n_u , skala percepatan n_a , dan skala waktu n_T didefinisikan sebagai berikut :

$$n_u = \frac{u_p}{u_m} = \frac{n_L}{n_T} \dots\dots\dots (2.17)$$

$$n_a = \frac{a_p}{a_m} = \frac{n_L}{n_T^2} \dots\dots\dots (2.18)$$

$$n_Q = \frac{Q_p}{Q_m} = \frac{n_L^3}{n_T} \dots\dots\dots (2.19)$$

$$n_T = \frac{T_p}{T_m} \dots\dots\dots (2.20)$$

2.6.3 Sebangun Dinamik

Sebangun dinamik adalah kesebangunan yang memenuhi kriteria sebangun geometrik dan kinematik, serta perbandingan gaya-gaya yang bekerja pada model dan prototipe untuk seluruh pengaliran pada arah yang sama adalah sama besar. Gaya-gaya yang dimaksud adalah gaya inersia, gaya tekanan, gaya berat, gaya gesek, gaya kenyal dan tegangan permukaan.

Beberapa sebangun dinamik yaitu sebangun dinamik Reynold (*Reynold number*) yang diekspresikan sebagai perbandingan gaya inersia terhadap gaya gesek, sebangun dinamik froude (*froude number*) yaitu perbandingan gaya inersia dan gaya gravitasi, bilangan Cauchy (*Cauchy Number*) yaitu perbandingan gaya inersia dan gaya elastik serta bilangan Weiber (*Weiber Number*) yaitu perbandingan antara gaya inersia dan gaya tegangan permukaan.

Untuk penelitian refleksi dan transmisi gelombang terhadap gelombang yang merambat melalui pemecah gelombang terapung banyak dipengaruhi gaya gravitasi sehingga digunakan kesebangunan Froud. Dengan pertimbangan fasilitas yang ada di laboratorium, maka pada penelitian ini, akan menggunakan skala panjang yang sama dengan skala tinggi (*undistorted models*) dan menggunakan kesebangunan Froude.

Sebagai contoh penggunaan *Froude Number* dalam menentukan ukuran-ukuran model, diberikan contoh berikut.

$$F = \frac{V}{\sqrt{Lg}} \dots\dots\dots(2.21)$$

F = Froud number (dimensionless)

V = Velocity of fluid, ft/s

L = Linear dimension (characteristic, such as depth or diameter), ft

G = Acceleration due to gravity, 32.2 ft/s²

Agar serupa model dan prototype, maka:

$$F_m = F_p$$

$$\frac{V_m}{\sqrt{L_m g}} = \frac{V_p}{\sqrt{L_p g}}$$

$$\frac{V_p^2}{V_m^2} = \frac{L_p}{L_m}$$

Ambillah skala kecepatan $V_r = V_p / V_m$ dan skala panjang $L_r = L_p / L_m$, maka berlaku hubungan $V_r^2 = L_r$ atau $V_r = L_r^{1/2}$. Misalnya diambil faktor skala sebagai skala panjang L_r , maka diperoleh:

Skala panjang, $L_r = \frac{L_p}{L_m} = \lambda \dots\dots\dots(2.22)$

Skala kecepatan, $V_r = \frac{V_p}{V_m} = \sqrt{\frac{L_p}{L_m}} = \sqrt{\lambda} \dots\dots\dots(2.23)$

Skala waktu, $T_r = \frac{L_r}{V_r} = \frac{\lambda}{\sqrt{\lambda}} = \sqrt{\lambda} \dots\dots\dots(2.24)$

Skala gaya, $F_r = \frac{\gamma_p L_p^3}{\gamma_m L_m^3} = \lambda^3 \dots\dots\dots(2.25)$

Skala percepatan, $A_r = \frac{g_p}{g_n} = 1 \dots \dots \dots (2.26)$

Dan seterusnya sesuai besaran yang dibutuhkan.

2.7 Analisa Dimensi

Tahap berikutnya adalah Analisa Dimensi. Proses ini bertujuan menyederhanakan jumlah variabel dan hubungan yang harus diteliti. Ada beberapa metode yang dapat dipakai dalam hal ini, yang paling populer adalah ***Buckingham's Theorem*** yang mengatakan: “jika diketahui bahwa suatu proses fisikal ditentukan oleh suatu relasi yang *dimensionally homognous* yang melibatkan n parameter berdimensi, seperti $X_1=f(X_2, X_3, \dots X_n)$ dimana X adalah variabel berdimensi, maka terdapat relasi yang ekivalen yang meliputi jumlah yang lebih sedikit, $(n-k)$, parameter tak berdimensi seperti $\pi_1 = f(\pi_2, \pi_3, \dots \pi_{n-k})$ dimana π adalah grup tak berdimensi yang dibentuk dari X . Reduksi k umumnya sama dengan, tetapi tidak pernah lebih dari, jumlah dimensi fundamental yang terlibat dalam X ”.

Dengan Analisa Dimensi diperoleh keuntungan-keuntungan:

- a. Mengurangi secara nyata jumlah percobaan yang harus dilakukan.
- b. Efek dari suatu variabel dapat ditentukan dengan variasi variabel yang lain dalam satu percobaan.

- c. Wilayah berlakunya suatu variabel dapat diperluas melampaui wilayah percobaan. Dalam keadaan ekstrim wilayah berlaku ini dapat diperoleh dengan hanya mengukur satu nilai dari masing-masing variabel.
4. Dapat menunjukkan bahwa kadang-kadang suatu besaran tidak punya pengaruh atas fenomena yang sedang diselidiki sehingga dapat dikeluarkan sebagai variabel percobaan.
5. Kealpaan suatu variabel independent dalam perencanaan suatu percobaan dapat diketahui.
6. Memungkinkan penggunaan “Skala Model” yang sangat berguna untuk memperkecil atau memperbesar ukuran dari sistem yang sebenarnya.

Variabel-variabel yang akan terlibat dalam analisa dimensi pertama-tama diambil dari rumus-rumus yang telah diturunkan secara teoritis seperti rumus-rumus energi di atas, ditambah dengan variabel-variabel di lapangan yang menurut peneliti-peneliti terdahulu berpengaruh. Variabel-variabel itu adalah:

$$H_t = f(H_i, H_r, L, h, B, p) \dots \dots \dots (2.27)$$

Terlihat ada enam variabel dengan satu dimensi yang terlibat, tetapi p (porosity) tidak berdimensi sehingga harus berdiri sendiri, berarti akan ada empat variabel tak berdimensi, yaitu $\alpha_1 = H_t/H_i$, $\alpha_2 = H_r/H_i$, $\alpha_3 = B/L$, $\alpha_4 = h/L$, dan p .

Dimana f adalah sebuah fungsi. Persamaan fungsional dasar yang dihasilkan (5.1) mengandung variabel delapan dimensi. Itu berarti $n = 8$. Karena sistem floating breakwater adalah fenomena yang didominasi permukaan, efek kental telah dianggap diabaikan dan

Dikecualikan dari analisis. Berdasarkan Persamaan (5.1), enam dari delapan istilah sudah memiliki dimensi linier sedangkan dua kerapatan dan densitas struktur air yang tersisa meliputi dimensi massa. Dimensi kuantitas fisik selanjutnya dinyatakan dalam bentuk sistem mass-length-time (MLT) sebagai berikut:

$$H_t = [L], H_i = [L], L = [L], d = [L], B = [L], D = \rho \left[\frac{M}{L^3} \right] = \rho_s \left[\frac{M}{L^3} \right] \dots \dots \dots (2.28)$$

Jelas ditunjukkan bahwa hanya M dan L yang terlibat, jadi jumlah dimensi fundamental, $k = 2$. Oleh karena itu, jumlah kelompok of tak berdimensi yang dibutuhkan adalah $(n-k) = (8-2) = 6$.

Dari daftar variabel dimensi, k dipilih menjadi variabel utama (pengulangan), yang harus mencakup semua dimensi fundamental dan tidak boleh membentuk di antara mereka sendiri. Dalam kasus ini, $k = 2$. Oleh karena itu, L dan d dipilih sebagai variabel utama (pengulangan). Kelompok dibentuk dengan mengalikan produk dari variabel utama, dengan eksponen yang tidak diketahui, masing-masing variabel yang tersisa, satu per satu. Untuk memenuhi homogenitas dimensi, eksponen masing-masing dimensi disamakan pada kedua sisi dari setiap persamaan, dan selesaikanlah untuk eksponen dan bentuk kelompok berdimensi. Karena tidak berdimensi, mereka dapat diganti dengan $M^0 L^0 T^0$. Dalam kasus penelitian ini, hanya M dan L yang terlibat, jadi $M^0 L^0$. Bekerja dengan 1,

$$\pi_1 = (L)^{a_1} (\rho)^{b_1} H_t \dots \dots \dots (2.29)$$

$$M^0 L^0 (L)^{a_1} (ML^3)^{b_1} H_t \dots \dots \dots (2.30)$$

$$M : 0 = b_1$$

$$L : 0 = a_1 - 3b_1 + 1$$

Pemecahan untuk a_1 dan b_1

$$a_1 = -1, \quad b_1 = 0$$

Demikian $\pi_1 = \frac{H_t}{L}$

Sama halnya dengan pengerjaan 2, 3, 4, 5 and 6.

$$\pi_2 = \frac{H_i}{L}$$

$$\pi_3 = \frac{d}{L}$$

$$\pi_4 = \frac{B}{L}$$

$$\pi_5 = \frac{D}{L}$$

$$\pi_1 = \frac{\rho_i}{\rho}$$

2.8 Koefisien Korelasi dan Determinasi

Koefesien korelasi ialah pengukuran statistik kovarian atau asosiasi antara dua variabel. Besarnya koefesien korelasi berkisar antara +1 s/d -1. Koefesien korelasi menunjukkan kekuatan (*strength*) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel acak. Jika koefesien korelasi positif, maka kedua variabel mempunyai hubungan searah. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan tinggi pula. Sebaliknya, jika koefesien korelasi negatif, maka kedua variabel mempunyai hubungan terbalik. Artinya jika nilai variabel X tinggi, maka nilai variabel Y akan menjadi rendah (dan sebaliknya). Untuk memudahkan

melakukan interpretasi mengenai kekuatan hubungan antara dua variabel penulis memberikan kriteria sebagai berikut (Sarwono:2006):

Koefesien determinasi dengan simbol r^2 merupakan proporsi variabilitas dalam suatu data yang dihitung didasarkan pada model statistik. Definisi berikutnya menyebutkan bahwa r^2 merupakan rasio variabilitas nilai-nilai yang dibuat model dengan variabilitas nilai data asli. Secara umum r^2 digunakan sebagai informasi mengenai kecocokan suatu model. Dalam regresi r^2 ini dijadikan sebagai pengukuran seberapa baik garis regresi mendekati nilai data asli yang dibuat model. Jika r^2 sama dengan 1, maka angka tersebut menunjukkan garis regresi cocok dengan data secara sempurna.

Interpretasi lain ialah bahwa r^2 diartikan sebagai proporsi variasi tanggapan yang diterangkan oleh regresor (variabel bebas / X) dalam model. Dengan demikian, jika $r^2 = 1$ akan mempunyai arti bahwa model yang sesuai menerangkan semua variabilitas dalam variabel Y. jika $r^2 = 0$ akan mempunyai arti bahwa tidak ada hubungan antara regresor (X) dengan variabel Y. Dalam kasus misalnya jika $r^2 = 0,8$ mempunyai arti bahwa sebesar 80% variasi dari variabel Y (variabel tergantung / response) dapat diterangkan dengan variabel X (variabel bebas / explanatory); sedang sisanya 0,2 dipengaruhi oleh variabel-variabel yang tidak diketahui atau variabilitas yang inheren. (Rumus untuk menghitung koefesien determinasi (KD) adalah $KD = r^2 \times 100\%$) Variabilitas mempunyai makna penyebaran / distribusi seperangkat nilai-nilai tertentu. Dengan menggunakan

bahasa umum, pengaruh variabel X terhadap Y adalah sebesar 80%; sedang sisanya 20% dipengaruhi oleh faktor lain.

Dalam hubungannya dengan korelasi, maka r^2 merupakan kuadrat dari koefisien korelasi yang berkaitan dengan variabel bebas (X) dan variabel Y (tergantung). Secara umum dikatakan bahwa r^2 merupakan kuadrat korelasi antara variabel yang digunakan sebagai predictor (X) dan variabel yang memberikan response (Y). Dengan menggunakan bahasa sederhana r^2 merupakan koefisien korelasi yang dikuadratkan. Oleh karena itu, penggunaan koefisien determinasi dalam korelasi tidak harus diinterpretasikan sebagai besarnya pengaruh variabel X terhadap Y mengingat bahwa korelasi tidak sama dengan kausalitas. Secara bebas dikatakan dua variabel mempunyai hubungan belum tentu variabel satu mempengaruhi variabel lainnya. Lebih lanjut dalam konteks korelasi antara dua variabel maka pengaruh variabel X terhadap Y tidak nampak. Kemungkinannya hanya korelasi merupakan penanda awal bahwa variabel X mungkin berpengaruh terhadap Y. Sedang bagaimana pengaruh itu terjadi dan ada atau tidak kita akan mengalami kesulitan untuk membuktikannya. Hanya menggunakan angka r^2 kita tidak akan dapat membuktikan bahwa variabel X mempengaruhi Y.

- 0 : Tidak ada korelasi antara dua variabel
- $>0 - 0,25$: Korelasi sangat lemah
- $>0,25 - 0,5$: Korelasi cukup
- $>0,5 - 0,75$: Korelasi kuat
- $>0,75 - 0,99$: Korelasi sangat kuat

- 1: Korelasi sempurna

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hidraulika kampus Teknik Gowa Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin, dengan waktu penelitian tiga minggu.

3.2. Studi Awal

3.2.1. Saluran Pembangkit Gelombang (*Wave Flume*)

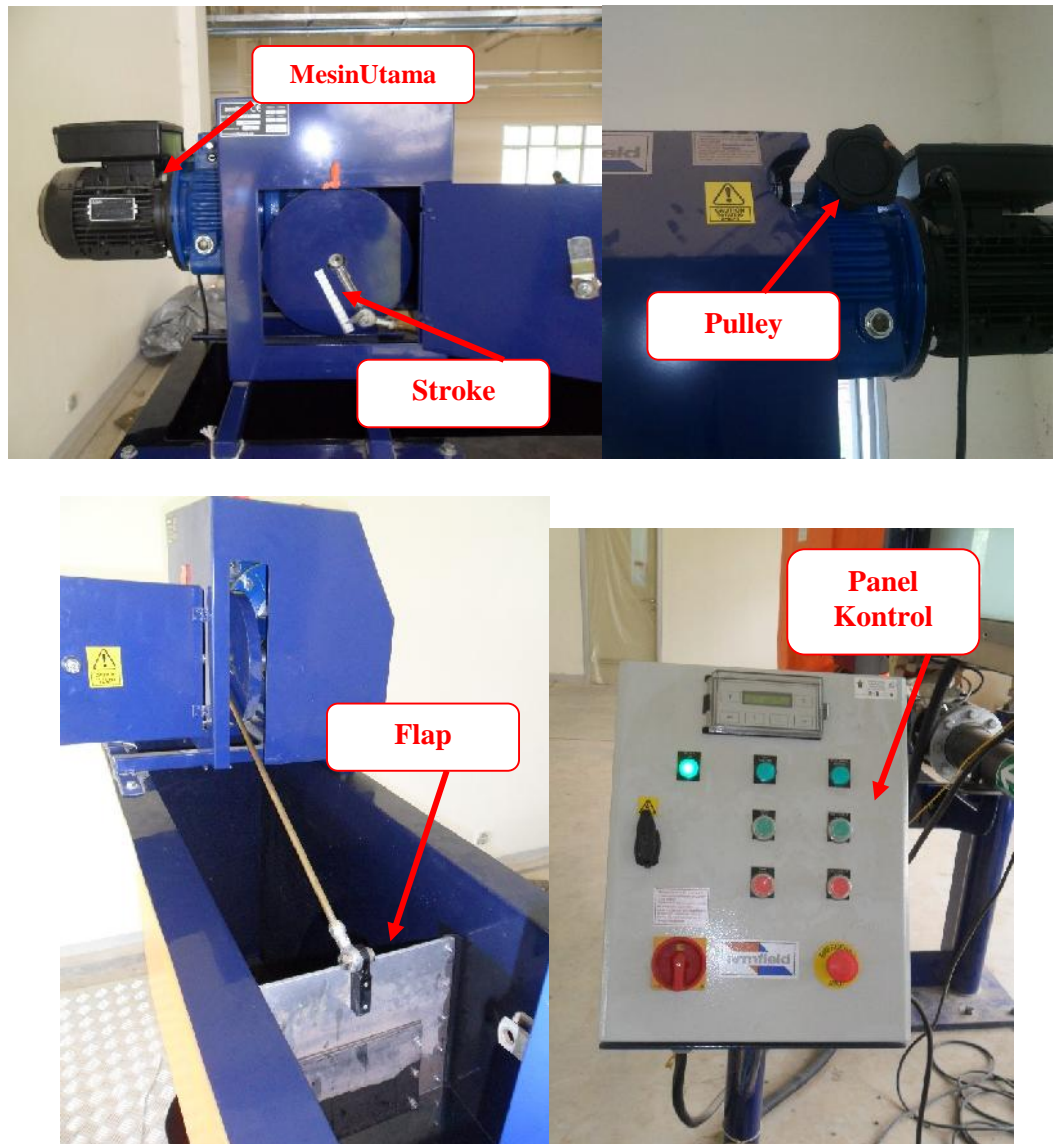
Penelitian dilakukan pada saluran gelombang multiguna berukuran panjang 15 m, lebar 0,30 m. Kedalaman efektif saluran 45 cm.



Gambar 3.1 Tangki Pembangkit Gelombang (*Wave Flume*)

3.2.2. Unit Pembangkit Gelombang

Mesin pembangkit terdapat di mesin utama, *pulley* yang berfungsi mengatur waktu putaran piringan yang dihubungkan pada *stroke* sehingga menggerakkan *flap* pembangkit gelombang.



Gambar 3.2 Unit Pembangkit gelombang tipe flap

3.2.3. Karakteristik Gelombang

Karakteristik gelombang yang dihasilkan oleh *wave generator* terdiri dari 5 variasi periode dan satu tinggi gelombang. Periode gelombang dikontrol oleh putaran *pulley*. Tinggi gelombang dikontrol oleh posisi *stroke* yang mengatur gerakan *flap*. Sedangkan kedalaman air pada *flume* dibagi menjadi tiga jenis kedalaman yakni kedalaman 20 cm, 25 cm, dan 30 cm. Data karakteristik diperoleh sebelum diletakkan model peredam gelombang.

Adapun karakteristik gelombang yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1Karakteristik gelombang

lebar	PeriodeGelombang		Stroke
(cm)	(detik)		
10	Pulley 1	0.85	7
10	Pulley 2	1	7
10	Pulley 3	1.2	7
10	Pulley 4	1.5	7
10	Pulley 5	1.65	7
20	Pulley 1	0.85	7
20	Pulley 2	1	7
20	Pulley 3	1.2	7
20	Pulley 4	1.5	7
20	Pulley 5	1.65	7
30	Pulley 1	0.85	7
30	Pulley 2	1	7
30	Pulley 3	1.2	7
30	Pulley 4	1.5	7
30	Pulley 5	1.65	7

3.3. JenisPenelitiandansumber Data

3.3.1. Jenispenelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah eksperimental. Moh. Nazir, Ph.D (1988) mendefinisikan eksperimen yakni observasi dibawah kondisi buatan (*artificial condition*), dimana kondisi tersebut dibuat dan diatur oleh peneliti, dengan demikian penelitian eksperimental adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap obyek penelitian serta adanya kontrol, dengan tujuan untuk menyelidiki ada-tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberikan perlakuan-perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimental dan menyediakan kontrol untuk perbandingan.

3.3.2. Sumber Data

Pada penelitian ini akan menggunakan dua sumber data yakni :

1. Data primer yakni data yang diperoleh langsung dari pengamatan di lapangan.
2. Data sekunder yakni data yang diperoleh dari literatur dan hasil penelitian yang sudah ada baik yang telah dilakukan di Laboratorium Hidrolika Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin maupun dilakukan di tempat lain yang berkaitan dengan penelitian gelombang.

3.4. Parameter yang diteliti

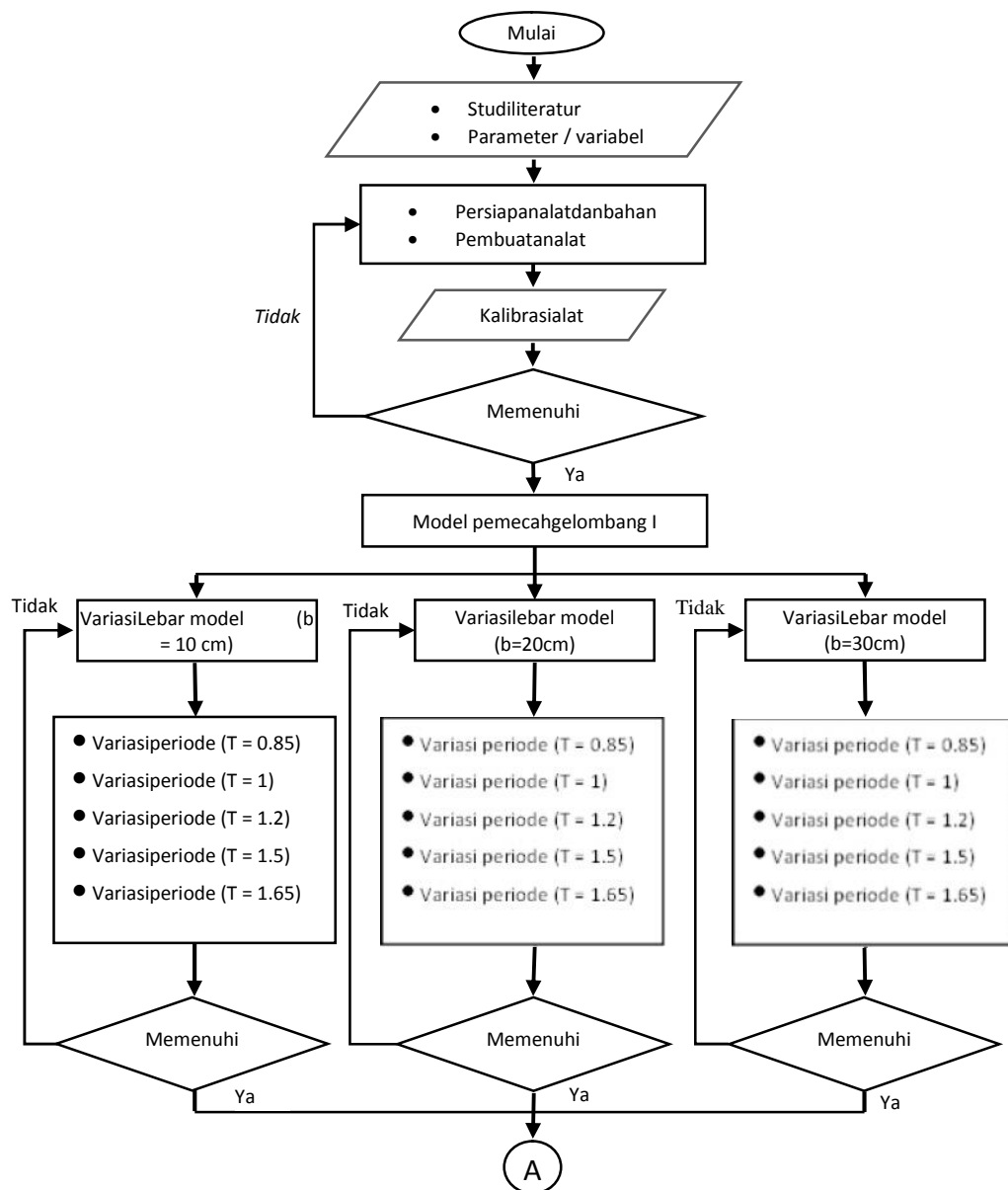
Sesuai dengan tujuan penelitian yang telah dikemukakan pada bab sebelumnya, maka variabel yang diteliti adalah kedalaman air ($d-k$), periode

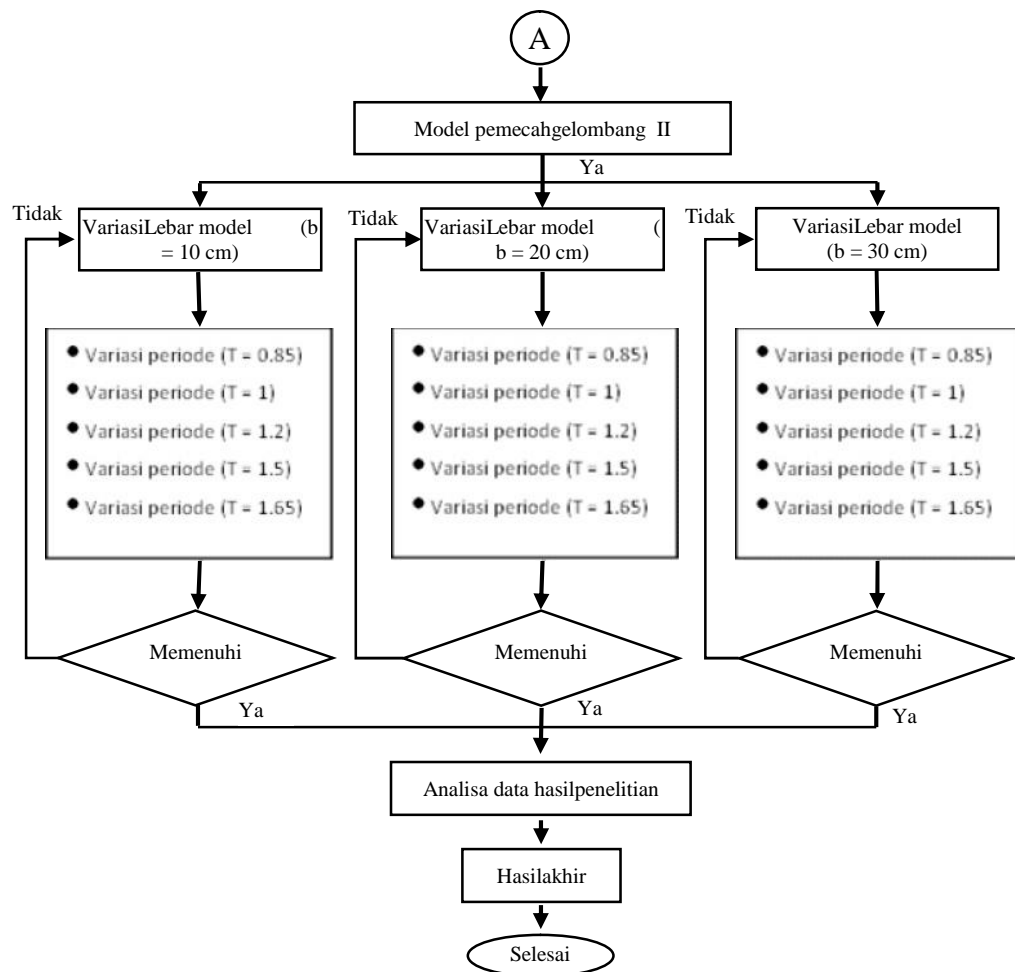
gelombang (T), tinggi gelombang datang (H_i), gelombangrefleksi (H_r)dangelombangtransmisi (H_t).

3.5. Prosedur dan Rancangan Penelitian

3.5.1. Prosedur

Secara garis besar prosedur penelitian ini digambarkan pada flowchart berikut:





Gambar 3.3 Flowchart Prosedur Percobaan Penelitian

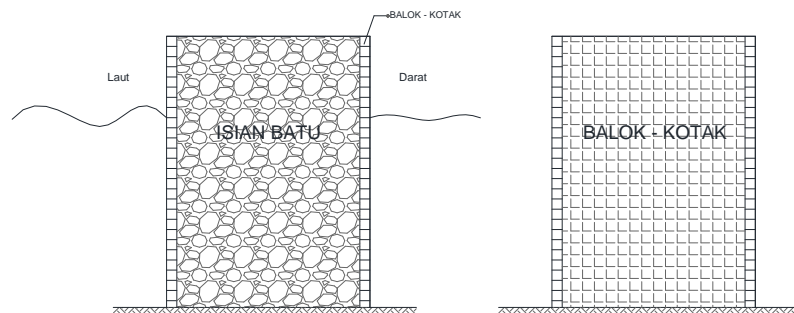
3.5.2. Perancangan Penelitian

Sebelum dilakukan penelitian, terlebih dahulu dilakukan perancangan model berdasarkan variabel yang akan diteliti. Perancangan model pemecah gelombang didasarkan pada beberapa spesifikasi sebagai berikut :

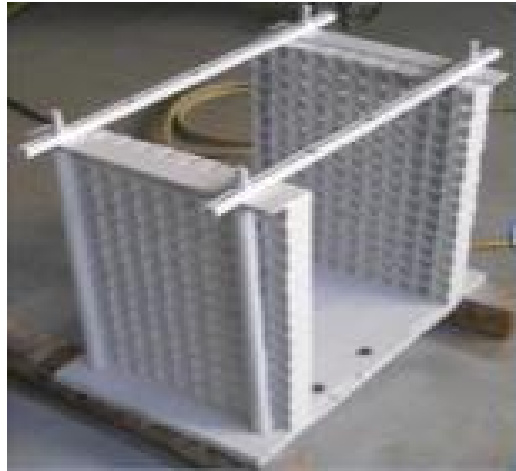
Berdasarkan pertimbangan fasilitas di laboratorium, bahan yang tersedia dan ketelitian pengukuran, maka digunakan skala model 1:30.

Parameter-parameter berikut dipakai dalam percobaan ini:

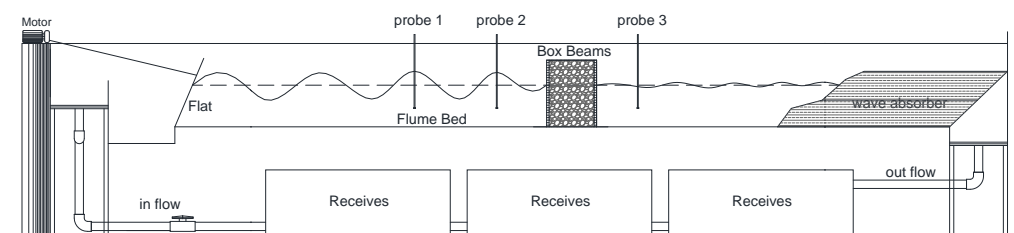
- Kedalaman air (h) : 20; 25; 30 cm
- Kisarantinggigelombangdatang (Hi) : 6 – 15 cm
- Periodegelombangdatang (T) : 0,85; 1; 1,2; 1,5; 1,65 detik
- Kisaranpanjanggelombangdatang (L) : 100 – 270 cm
- Lebar (batupengisi) model (B) : 10; 20; 30 cm
- Lebardindingbalokkotak 1 & 2 (w) : 4 cm
- Lebar total model 1 & 2 (B + w) : 18; 28; 38 cm
- Tinggi model (D, no-overtopping) : 40 cm
- Lebarkotakbalok-kotak model 1 & 2 (d) : 1,5; 2,5 cm
- Ukuranbatupecahpengisi (batu 1 dan 2) : 1 – 2; 2 – 3 cm
- Berat rata-rata batu 1 & 2 : 2,84; 24,81 gram/unit
- Porositasbatu (n) 1, 2 : 0,57; 0,55
- Beratisibutirbatu 1, 2 (ρ_s) : 2,69; 2,69 gram/cm³



Gambar 3.4 Sketsa model pemecah gelombang komposit balok kotak dan tiang pancang



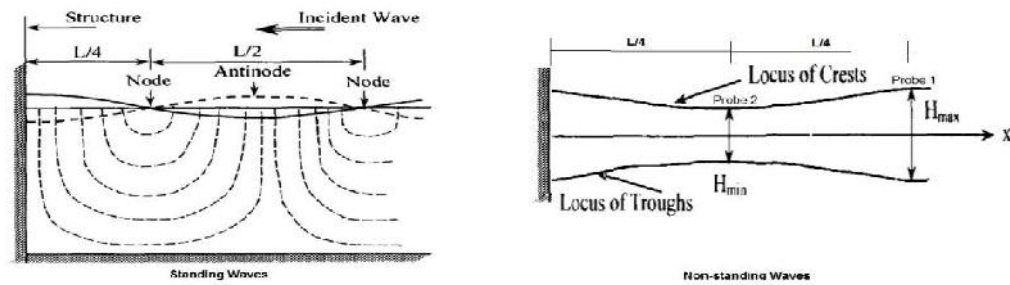
Gambar3.5Model pemecahgelombangtanpaisianbatu.



Gambar3.6Sketsapotongan *wave flume* yang digunakan dengan posisi model dan instrumentasi

Mesin pembangkit gelombangnya (*wave paddle*) adalah tipe *flap*, yang terikat engsel di dasar dan terhubung dengan rod gaya (*flying wheel*) di bagian atasnya dengan motor penggerak yang kecepatannya dapat bervariasi. Gelombang yang dibangkitkan adalah gelombang monochromatic. Tidak ada kebocoran air yang direncanakan ke belakang *wave paddle* dan terdapat pipa pembuangan di bawah ruang di belakang *wave paddle* sehingga tidak diperlukan peredam gelombang di belakang *wave paddle*. Di ujung lainnya terdapat peredam gelombang yang terbuat dari seratsintetis yang bekerja dengan sangat efektif sehingga dengan padangan visual saja tidak dapat anda-

tandarefleksigelombang. Olehkarenaitu model ditempatkan 3 m di
 depanperedamgelombangini, 12 m
 daripembangkitgelombanguntukmencegahterjadinyare-
*reflection*daripembangkitgelombang.



Gambar3.7Posisi probe 1 dan probe 2 untukpenentuanH_{max}danH_{min}

Tigabuahalatpengukurgelombang (wave probe)

dipakaidalameksperimenini, duaditempatkan di depan model (probe 1 dan probe
 2) dansatu di belakang (probe 3). Yang dua di depan model berturut-
 turut diposisikanpadatitik-titik*antinodedannode*(**Gambar**

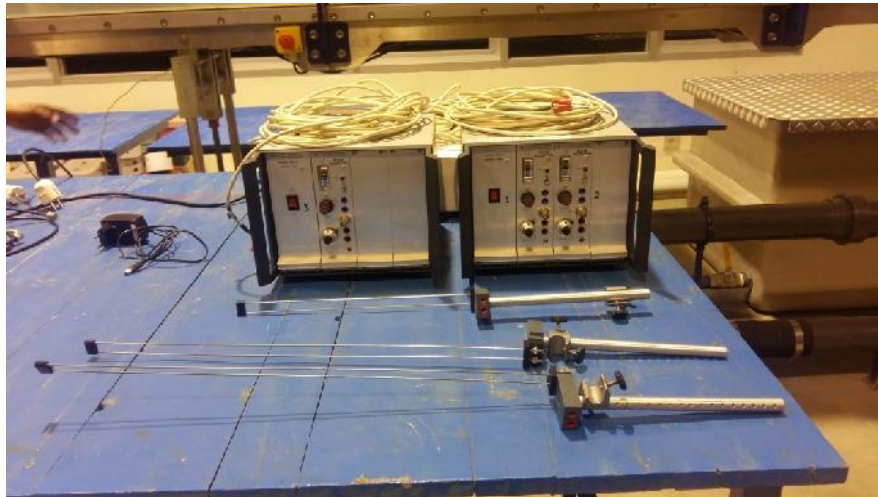
3.7)dari*envelope*gelombangrefleksiuntukmengukurH_{max}danH_{min} yang
 dipakaiuntukmenghitungtinggigelombangdatang (H_i) dantinggigelombangrefleksi
 (H_r) sepertipadarumus $H_i = (H_{max} + H_{min})/2$ dan $H_r = (H_{max} - H_{min})/2$.

Lokasititik-titik node iniadaduapendapat; pendapat yang
 konvensionalmengatakanpada 0,25L dan 0,5L daridepan model dimana L
 adalahpanjanggelombang, sedangpendapat lain menyatakanpada 0,2L dan 0,7L
 menurutGodadan Suzuki.

Keduapendapattersebutsangatdiperhatikandalampercobaaninidantampaknyaposisi
*nodedanantinode*memangberubah-ubahterutamaolehperiodegelombang.

Alatpengukurgelombang yang ketiga (probe 3) ditempatkan 1,2 m di belakang

model agar pengaruh-pengaruh *turbulensi vortex* air yang baru keluar dari model dapat dihindari; alat ini untuk mengukur langsung tinggi gelombang transmisi (H_t).



Gambar 3.8 Wave monitor dan probe

Setelah pembuatan model kemudian dilakukan simulasi (penelitian). Tinggi gelombang diukur pada probe 1 dan probe 2 yang berada di depan model, dan probe 3 di belakang model dengan jarak 1 meter dari model. Pengukuran tinggi gelombang dilakukan pada saat gelombang yang dibangkitkan pada kondisi stabil, yaitu beberapa saat setelah gelombang dibangkitkan.

Tabel 3.2 Rancangan Simulasi Model

	Lebar model B = 10 cm					Lebar model B = 20 cm					Lebar model B = 30 cm				
Kedalaman d = 20 cm	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65
Kedalaman d = 25 cm	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65
Kedalaman d = 30 cm	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65

3.6. Pelaksanaan Penelitian

Secara garis besar prosedur perolehan data adalah sebagai berikut

1. Atur lebar model yang direncanakan ($b = 10 \text{ cm}$) dengan menggunakan mesin pompa pada *flume* hingga tercapai kedalaman yang ditentukan dan atur jarak pukulan pada flat menjadi stroke 7 serta mengatur variasi periode gelombang ($T1 = 0.85 \text{ detik}$).
2. Nyalakan PC, wave monitor, dan eagle daq kemudian pasang masing-masing probe pada posisi yang telah ditentukan.
3. Kalibrasi masing-masing probe dengan kedalaman air yang sudah ditentukan.
4. Setelah semua komponen siap, *running* dimulai dengan membangkitkan gelombang dengan menyalakan mesin pada unit pembangkit gelombang.
5. Pembacaan tinggi gelombang di depan dan di belakang model diperoleh dari hasil pembacaan masing – masing probe, yang kemudian mengirim hasil rekamannya ke PC.
6. Setelah selesai, periode kemudian diubah menjadi $T2 = 1$, $T3 = 1.2$, $T4 = 1.5$, $T5 = 1.65$
7. Prosedur ke-2 sampai ke-6 dilakukan kembali untuk variasi kedalaman $b2 = 20 \text{ cm}$ dan $b3 = 30 \text{ cm}$.

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Penelitian

Hasil penelitian dan analisis seluruh kegiatan eksperimen yang telah dilakukan di laboratorium akan dipaparkan sebagai berikut

4.1.1. Panjang Gelombang

Penentuan nilai besaran panjang gelombang dapat diketahui melalui pengukuran dengan dua probe, dengan cara menemukan puncak gelombang di tiap probe lalu jarak dari hasil pertemuan probe tersebut merupakan panjang gelombang.

Tabel lengkap perhitungan panjang gelombang dapat dilihat di lampiran.

4.1.2. Data Tinggi Gelombang

Pengukuran tinggi gelombang dilakukan di 2 titik di depan dan 1 titik di belakang model. Jarak antar 2 titik pengukuran di depan model ditentukan pada panjang gelombang yakni pada *node* dan *anti-node* pada gelombang.

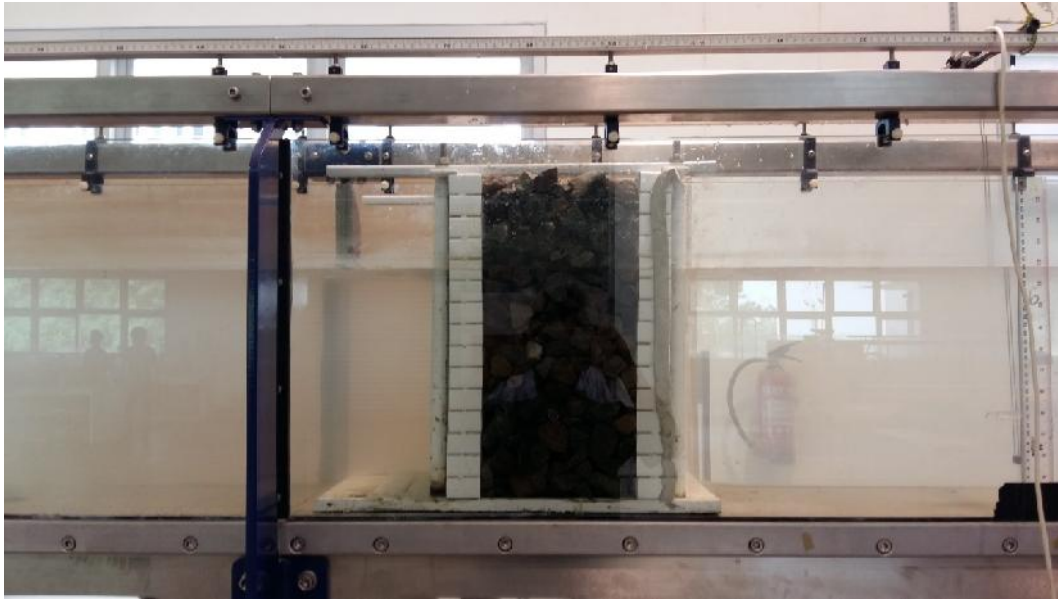
Data utama yang diamati dan dicatat selama pengujian di laboratorium adalah tinggi gelombang di depan model dan di belakang model. Dari hasil eksperimen dan pencatatan tinggi gelombang di tiap titik lokasi pengamatan diambil nilai maksimum H_{max} dan tinggi gelombang minimum H_{min} , di

depandandi belakang model. Pencatatanmenggunakanalat probe yang berupa sensor dankemudianhasilrekamannyaakan di transfer ke PC.

Berikut disajikan tabelhasilpengamatan tinggi gelombangpemecahgelombangpadalebar 10 cm.

Tabel 4.1.Pengamatan tinggi gelombang lebar 10 cm pemecah gelombang

No	Lebar(B) (cm)	w (cm)	Periode (T) (dt)	Stroke (cm)	Panjanggelom bang (L) (cm)	H max (cm)	H min (cm)
1	10	4	0.85	7	100	12.17155469	5.039520451
2	10	4	1	7	124	10.03344667	3.941493573
3	10	4	1.2	7	156	9.550714522	3.274301848
4	10	4	1.5	7	186	7.752948979	2.754502761
5	10	4	1.65	7	215	7.224447021	2.342638435
6	10	4	0.85	7	108	10.6851978	6.922185579
7	10	4	1	7	133	11.8970522	6.486846645
8	10	4	1.2	7	168	10.37485054	5.308370859
9	10	4	1.5	7	225	9.06521087	4.137040559
10	10	4	1.65	7	250	8.317872101	3.990719447
11	10	4	0.85	7	109	16.79019499	6.352182544
12	10	4	1	7	135	16.93038729	6.245205871
13	10	4	1.2	7	171	16.40843837	5.640587833
14	10	4	1.5	7	240	13.90853209	3.764885154
15	10	4	1.65	7	270	12.16965719	3.004240434



Gambar 4.1 model pemecah gelombang di dalam wave flume

4.1.3. Gelombang Refleksi

Tinggi Gelombang datang (H_i) yang dialami oleh pemecah gelombang tergantung berapa besar tinggi gelombang maksimum (H_{max}) dan tinggi gelombang minimum (H_{min}) yang dialami oleh bagian depan pemecah gelombang tersebut, hal ini berdasarkan landasan teori yakni besarnya gelombang datang sama dengan H_{max} dijumlahkan dengan H_{min} kemudian hasil penjumlahannya dibagi 2. Hasil pembagian tersebut merupakan besar tinggi gelombang datang (H_i), dapat dirumuskan dengan menggunakan persamaan (2.10). Salah satu contoh perhitungan tinggi gelombang datang (H_i) pada lebar konstruksi 20 cm periode 0.85 dt model pemecah gelombang adalah sebagai berikut :

Diketahui : $H_{max} = 9.388 \text{ cm}$

$H_{min} = 4.540 \text{ cm}$

$$H_i = \frac{H_{\max} + H_{\min}}{2}$$

$$H_i = \frac{9.388 + 4.54}{2}$$

$$H_i = 6.964 \text{ cm.}$$

Gelombang datang yang mengenai/membentur suatu rintangan akan dipantulkan sebagian atau seluruhnya, fenomena gelombang ini disebut gelombangrefleksi. Tinggi gelombangrefleksi (H_r) dapat diselesaikan dengan persamaan (2.11). Salah satu contoh perhitungan gelombangrefleksi di depan modelpada lebarkonstruksi 20 cm periode 0.85 dt modelyakni sebagai berikut :

$$\text{Diketahui : } H_{\max} = 9.388 \text{ cm}$$

$$H_{\min} = 4.540 \text{ cm}$$

$$H_r = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{2}$$

$$H_r = \frac{9.388 - 4.540}{2}$$

$$H_r = 2.423 \text{ cm}$$

Sehingga besarnya KoefisienRefleksi (K_r) berdasarkan landasan teori pada bab 2, dihitung dengan menggunakan persamaan (2.3).Salah satu contoh perhitungan koefisienrefleksi gelombang pada lebarkonstruksi 20 cm periode 0.85 dtyakni sebagai berikut :

$$\text{Diketahui : } H_i = 6.964 \text{ cm}$$

$$H_r = 2.423 \text{ cm}$$

$$K_r = \frac{H_r}{H_i}$$

$$K_r = \frac{2.423}{6.964}$$

$$K_r = 0,348$$

4.1.4. Gelombang Transmisi

Gelombang yang bergerak menerus melewati suatu struktur akan ditransmisikan, sehingga terdapat sisa-sisa energi gelombang yang terjadi setelah melewati struktur tersebut.

Pengukuran tinggi gelombang transmisi (H_t) ditentukan dengan menggunakan alat probe, dimana pencatatan menggunakan alat probe yang berupa sensor dan kemudian hasil rekamannya akan ditransfer ke PC.

Sehingga besarnya Koefisien transmisi (K_t) berdasarkan landasan teori pada bab 2, dihitung dengan menggunakan persamaan (2.4). Salah satu contoh perhitungan koefisien refleksi gelombang pada kedalaman 20 cm periode 0.85 dt model pemecah gelombang model 2 yakni sebagai berikut :

$$\text{Diketahui : } H_i = 6.964 \text{ cm}$$

$$H_t = 1.582 \text{ cm}$$

$$K_t = \frac{H_t}{H_i}$$

$$K_t = \frac{1.582}{6.964}$$

$$K_t = 0,227$$

4.1.5. Gelombang Disipasi

Besarnya gelombang disipasi / koefisien energi hilang (Kel) berdasarkan landasan teori pada bab 2. Salah satu contoh perhitungan koefisien koefisien energi hilang gelombang pada kedalaman 20 cm periode 0.85 dt model pemecah gelombang model 2 yakni sebagai berikut :

$$\text{Diketahui : } K_r = 0,348$$

$$K_t = 0,227$$

$$K_{el} = 1 - K_r^2 - K_t^2$$

$$K_{el} = 1 - (0,348)^2 - (0,227)^2$$

$$K_{el} = 0,827$$

Tabel 4.2.HasilRekapitulasiPerhitungan Model PemecahGelombanglebar 10 cm

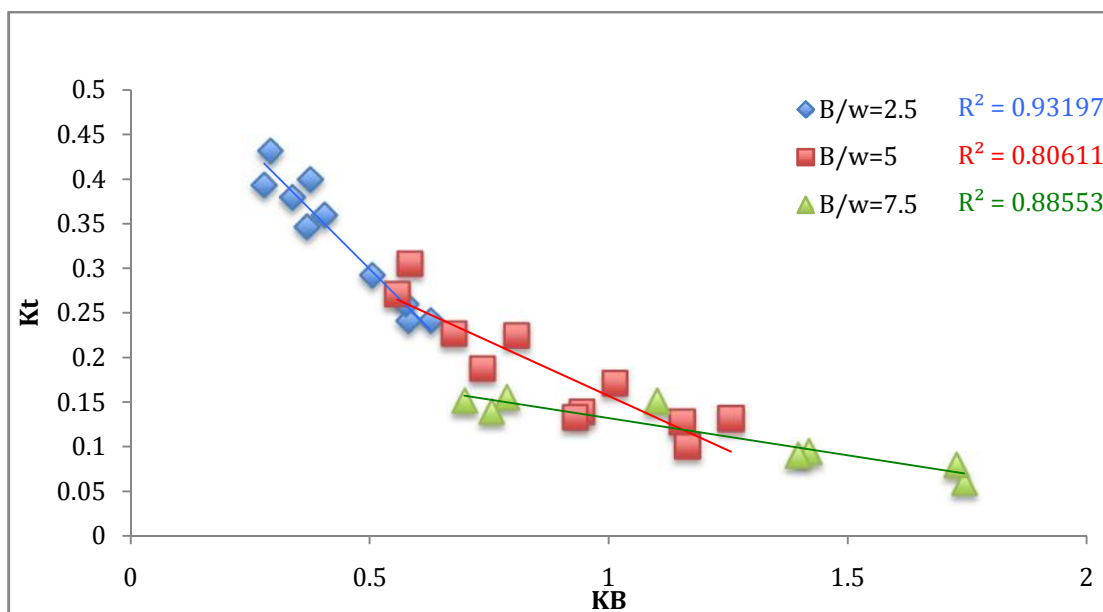
No	Kedalaman d (m)	B/w	Lebar model B (cm)	Periode T (dt)	Kt (cm)	Kr (cm)	Kel (cm)	kHi	kB	kh
1	20	2.5	10	0.85	0.240738547	0.414386328	0.770328923	0.540427759	0.628	1.256
2	25	2.5	10	0.85	0.24045707	0.213717856	0.896505076	0.511918369	0.581481481	1.453703704
3	30	2.5	10	0.85	0.258860856	0.451034576	0.729558868	0.666670325	0.576146789	1.728440367
4	20	2.5	10	1	0.2910044	0.435919796	0.725290371	0.353881551	0.506451613	1.012903226
5	25	2.5	10	1	0.243746393	0.294290433	0.853980837	0.434025883	0.472180451	1.180451128
6	30	2.5	10	1	0.239507473	0.461053201	0.730066116	0.53904713	0.465185185	1.395555556
7	20	2.5	10	1.2	0.360488021	0.489388278	0.6305475	0.25814456	0.402564103	0.805128205
8	25	2.5	10	1.2	0.399710754	0.323050957	0.735869392	0.293126876	0.373809524	0.93452381
9	30	2.5	10	1.2	0.347535645	0.48835946	0.640724013	0.404876856	0.367251462	1.101754386
10	20	2.5	10	1.5	0.379989578	0.475704894	0.629312774	0.177383863	0.337634409	0.675268817
11	25	2.5	10	1.5	0.393505176	0.373282568	0.705813801	0.184244753	0.279111111	0.697777778
12	30	2.5	10	1.5	0.31734448	0.573949384	0.569874586	0.231227209	0.261666667	0.785
13	20	2.5	10	1.65	0.431210551	0.510271243	0.553680719	0.139723946	0.292093023	0.584186047
14	25	2.5	10	1.65	0.311143819	0.351555467	0.779598277	0.15459591	0.2512	0.628
15	30	2.5	10	1.65	0.25008358	0.604025214	0.572611744	0.176466809	0.232592593	0.697777778

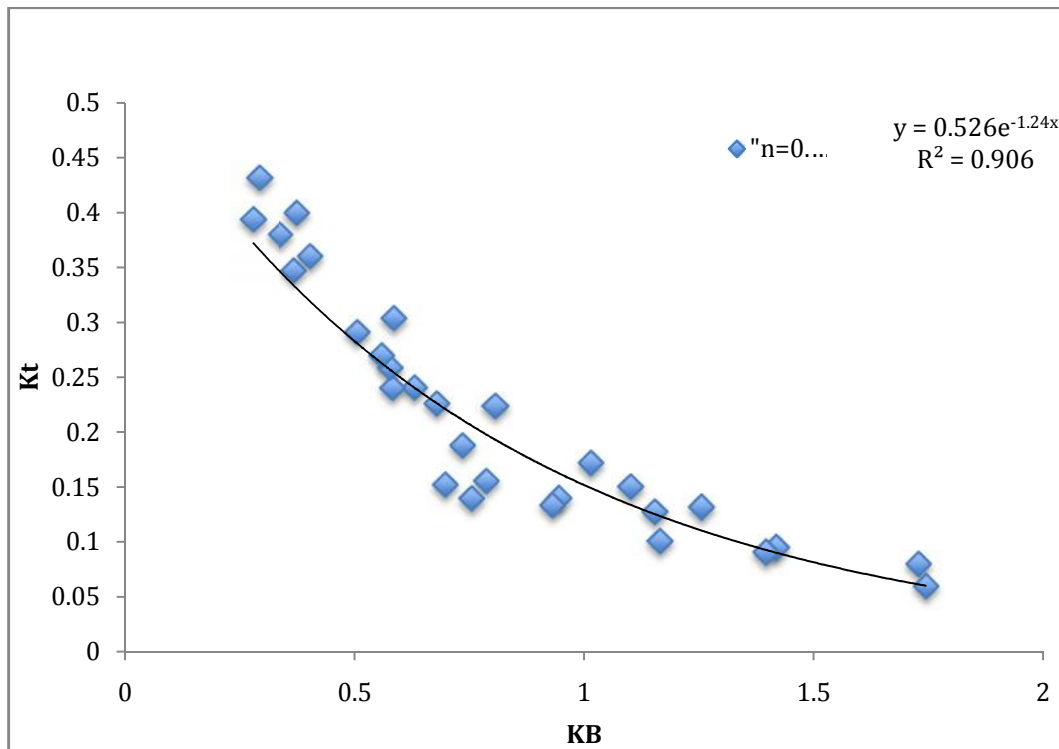
4.2. Pembahasan

Padapenelitianini, terdapat 2 jenisvariasiyaknipadalebar model danperiodegelombang. Padavariasilebar model yang digunakan 10 cm, 20 cm, dan 30 cm. Untukvariasiperiodegelombangdigunakanperiode 0.85 dt, 1 dt, 1..2 dt, 1.5 dtdan 1.65 dt.Pembahasandari hasil penelitian ini berupa grafik yang akan dijelaskan sebagai berikut.

4.2.1. Hasilpengamatan

4.2.1.1. Hubungankoefisientransmisi (K_t) denganpanjanggelombang (L), lebarkonstruksi (B)





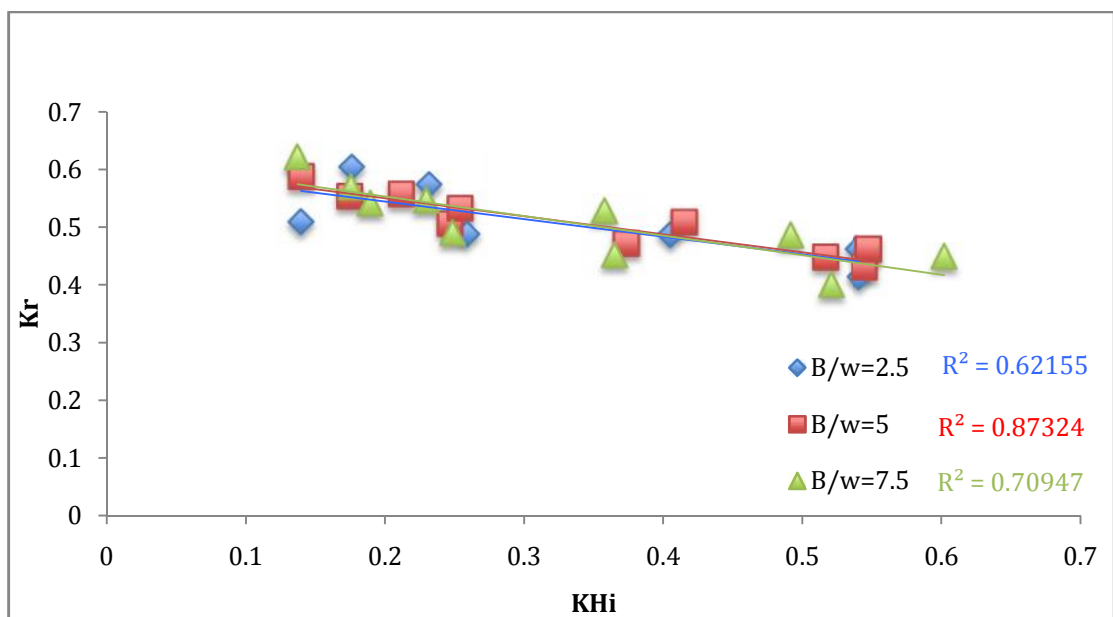
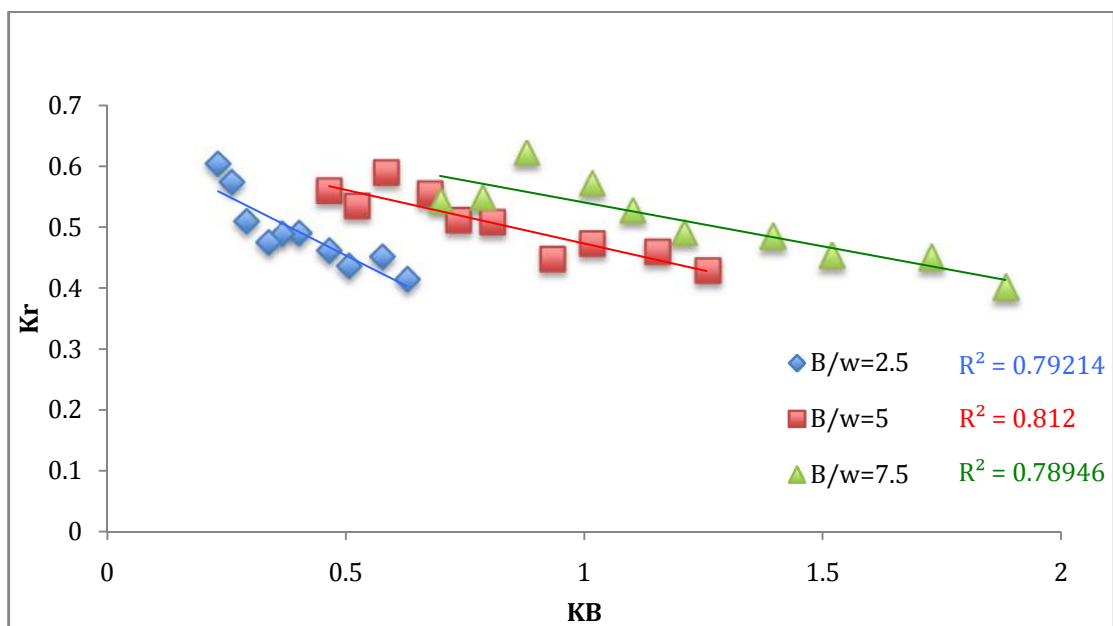
Gambar 4.2 hubungan antar koefisien transmisi K_t dengan Panjang gelombang (L)

Lebar konstruksi (B)

Dari gambar 4.2 di atas memperlihatkan hubungan antar koefisien transmisi (K_t) dengan lebar konstruksi (B) dalam bentuk KB ($KB = 2h/B$) pada saat perbandingan lebar konstruksi pemecah gelombang (B/w) adalah 2,5 cm, 5 cm, dan 7,5 untuk porositas $n=0.48$. Nilai K_t untuk $B/w=2,5$ cm berkisar dari 0,45 sampai 0,25. Nilai K_t untuk $B/w=5$ cm berkisar dari 0,32 sampai 0,12 sedangkan nilai K_t untuk $B/w=7,5$ cm berkisar dari 0,17 sampai 0,07. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lebar konstruksi pemecah gelombang maka semakin kecil

ilnilaikoefisientransmisi.Tetapisemakinlebaronstruksipemecahgelombangperuba
hannilaikoefisientransmisisemakintidakterlalusignifikan

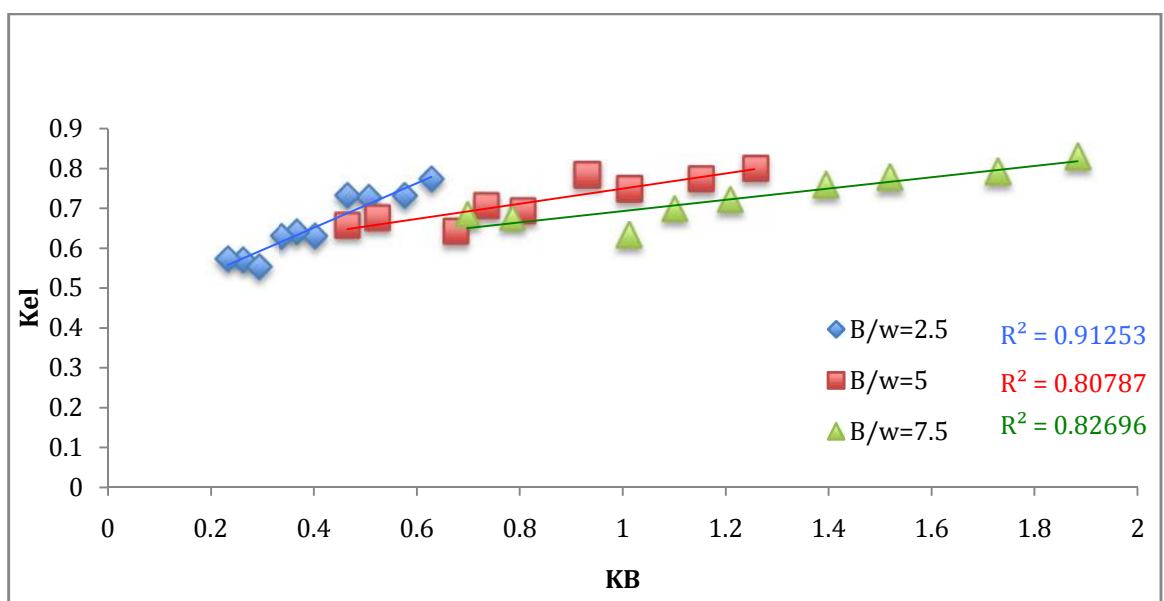
4.2.1.2. Hubungankoefisienrefleksi (Kr)denganpanjanggelombang (L),lebarkonstruksi (B)

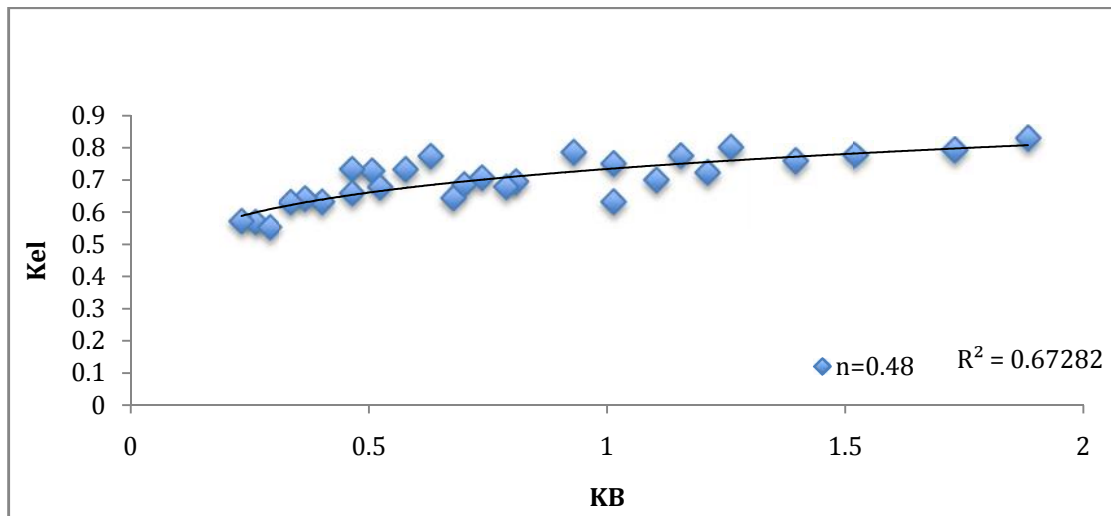


Gambar 4.3 Hubungan antar koefisien refleksi (K_r) dengan panjang gelombang (L),
lebar konstruksi (B)

Dari gambar 4.3 di atas memperlihatkan hubungan antar koefisien refleksi (K_r) dengan lebar konstruksi (B) dalam bentuk KB ($KB=2 \cdot h/B$) pada saat perbandingan lebar konstruksi pemecah gelombang (B/w) adalah 2,5 cm, 5 cm, dan 7,5 untuk porositas $n=0.48$. Nilai K_r untuk $B/w=2,5$ cm berkisar dari 0,6 sampai 0,4. Nilai K_t untuk $B/w=5$ cm berkisar dari 0,6 sampai 0,4 sedangkan nilai K_t untuk $B/w=7,5$ cm berkisar dari 0,6 sampai 0,4. Hal ini menunjukkan bahwa lebar konstruksi (B) tidak memiliki pengaruh terhadap nilai koefisien refleksi (K_t)

4.2.1.3. Hubungan koefisien lose (K_{el}) dengan panjang gelombang (L), lebar konstruksi (B)





Gambar 4.4 hubungan antar koefisien energi lose $K_e L$ dengan panjang gelombang (L),
lebar konstruksi (B)

Dari gambar 4.4 di atas memperlihatkan hubungan antar koefisien lose (K_L) dengan lebar konstruksi (B) dalam bentuk KB ($KB = 2 h/B$) pada saat perbandingan lebar konstruksi pemecah gelombang (B/w) adalah 2,5 cm, 5 cm, dan 7,5 untuk porositas $n=0.48$. Nilai Kel untuk $B/w=2,5$ cm berkisar dari 0,55 sampai 0,75. Nilai Kel untuk $B/w=5$ cm berkisar dari 0,65 sampai 0,79 sedangkan nilai Kel untuk $B/w=7,5$ cm berkisar dari 0,63 sampai 0,82. Hal ini menunjukkan bahwa semakin lebar konstruksi pemecah gelombang maka semakin besar nilai koefisien energi lose. Tetapi semakin lebar konstruksi pemecah gelombang perubahan nilai koefisien energi lose semakin tidak terlalu signifikan.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil studi pengaruh lebar model terhadap gelombang transmisi dan refleksi pada pemecah gelombang vertikal komposit balok kotak dan tiang pancang dengan pengisian batu dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Lebar konstruksi pemecah gelombang tidak berpengaruh terhadap koefisien refleksi gelombang
2. Semakin lebar model maka semakin besar juga koefisien transmisi gelombang.

Untuk lebar $B/w=2,5$ ke $B/w=5$ meningkat secara signifikan. Namun perubahan lebar $B/w=5$ ke $B/w=7,5$ mengalami perubahan namun tidak terlalu signifikan.

5.2. Saran

Penelitian ini jauh dari sempurna, oleh karena itu disarankan penelitian ini masih perlu dikaji untuk beberapa kondisi berikut :

1. Variasi terhadap variasi nilai porositas (n) pada pemecah gelombang vertikal komposit balok kotak dan tiang pancang dengan pengisian batu sehingga diharapkan ada peneliti lain yang mengkaji lebih lanjut.
2. Pembacaan gelombang sebaiknya dilakukan saat gelombang mulai menyentuh pemecah gelombang.

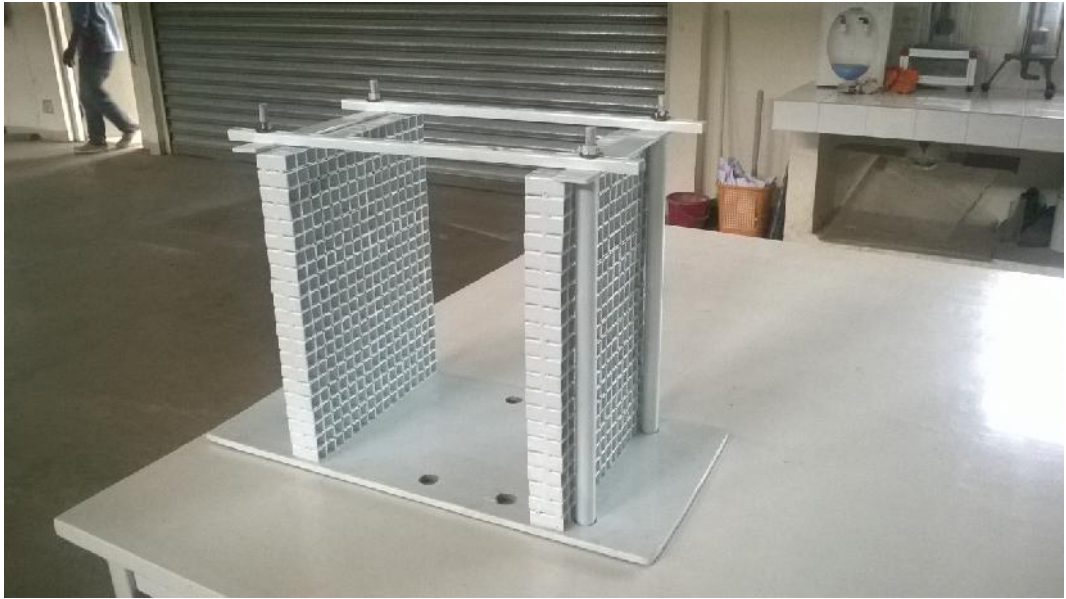
DAFTAR PUSTAKA

- Amiruddin, Azwar. 2012. *Studi Disipasi dan Run-up/Run-down Gelombang Peredam Gelombang Sisi Miring Perforasi Vertikal*. Universitas Hasanuddin. Makassar .
- Ariyaratne. 2007. *Efficiency of Perforated Breakwater And Associated Energy Dissipation*. Texas A&M University. Texas.
- Dean, R.G. Dalrymple, R.A. 2000. *Water Wave Mechanics For Engineer and Scienties*. World Scientific. Singapore.
- Horikawa, K. 1978. Dirgayusa. 1997 *Coastal Engineering*. University Of Tokyo Press. Tokyo.
- SDC-R-90163, (2009), *Manual Design Bangunan Pengaman Pantai*, Sea Defence Consultants, Indonesia.
- Triatmodjo, B. 1999. *Teknik Pantai*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, B. 1999. *Pelabuhan*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Yuwono, Nur. 1996. *Perencanaan Model Hidraulik*. Laboratorium Hidraulik dan Hidrologi Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

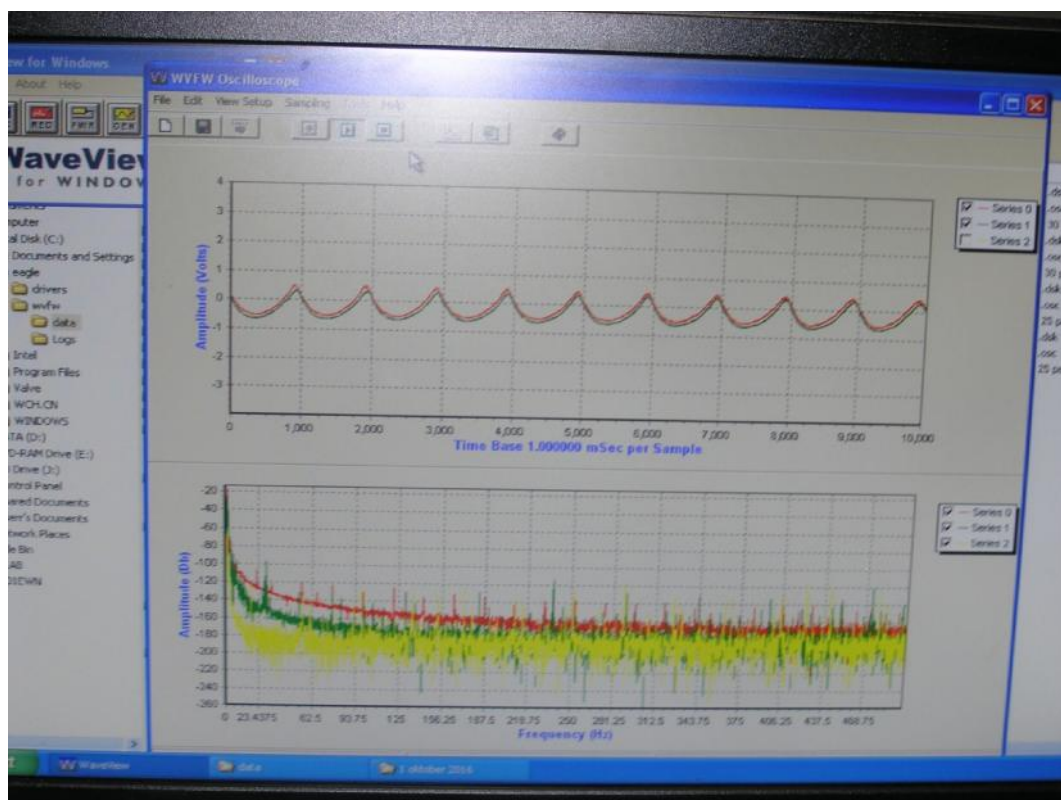
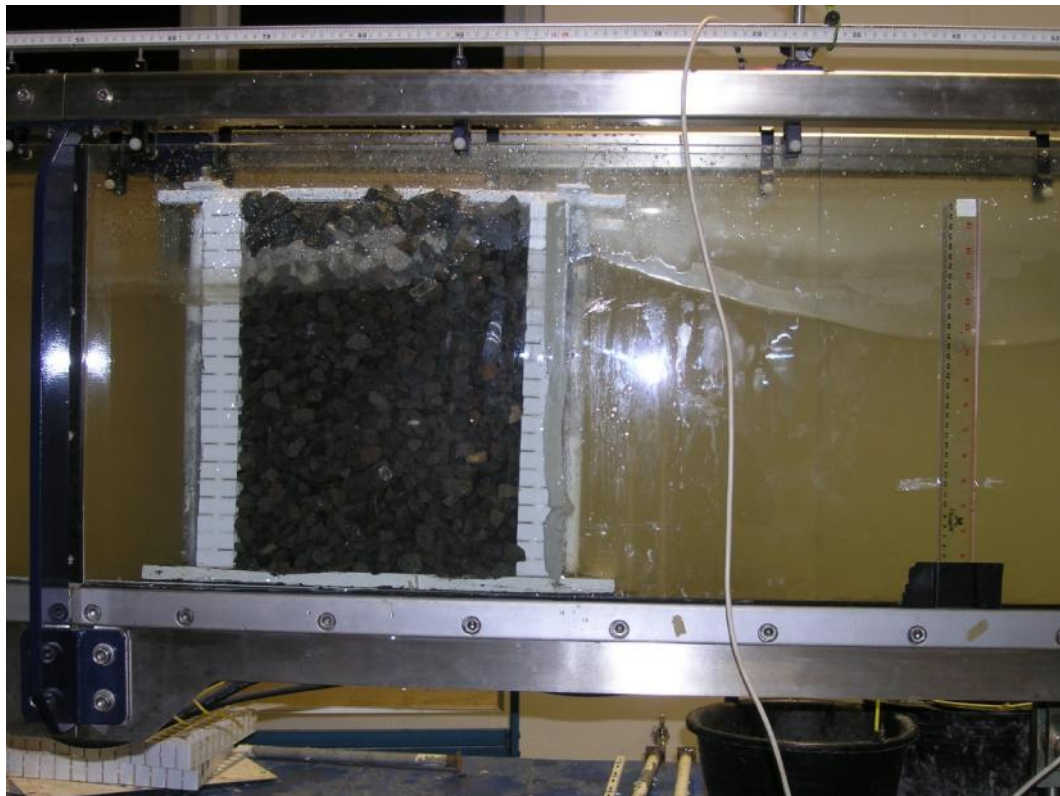
LAMPIRAN

LAMPIRAN 1











LAMPIRAN 2

Porositas n = 0.34	Lebar model B = 10 cm					Lebar model B = 20 cm					Lebar model B=30 cm				
Kedalaman d = 20 cm	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65
Kedalaman d = 25 cm	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65
Kedalaman d = 30 cm	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65

Porositas n = 0.36	Lebar model B = 10 cm					Lebar model B = 20 cm					Lebar model B=30 cm				
Kedalaman d = 20 cm	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65
Kedalaman d = 25 cm	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65
Kedalaman d = 30 cm	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65	T 0.85	T 1	T 1.2	T 1.5	T 1.65

LAMPIRAN 3

Rekapitulasihasilperhitunganpada model

No	Kedalaman d (m)	B/w	Model	w	Porositas n (%)	Lebar model B (cm)	Periode T (dt)	Stroke (cm)	Jarak Gelombang g (cm)	H max (cm)	H min (cm)	Ht (cm)	Hr (cm)	Hi (cm)	Ct (cm)	Cr (cm)	H _i / L	B / L	h / L	B / w	n	kh _i	kB	kh
1	20	2.5	2	4	55	10	0.85	7	100	12.17155	5.03952	2.071685	3.566017	8.605538	0.240739	0.414386	0.086055	0.1	0.2	2.5	0.34	0.540428	0.628	1.256
2	20	2.5	2	4	55	10	1	7	124	10.03345	3.941494	2.033385	3.045977	6.98747	0.291004	0.43592	0.056351	0.080645	0.16129	2.5	0.34	0.353882	0.506452	1.012903
3	20	2.5	2	4	55	10	1.2	7	156	9.550715	3.274302	2.311632	3.138206	6.412508	0.360488	0.489388	0.041106	0.064103	0.128205	2.5	0.34	0.258145	0.402564	0.805128
4	20	2.5	2	4	55	10	1.5	7	186	7.752949	2.754503	1.996361	2.499223	5.253726	0.37999	0.475705	0.028246	0.053763	0.107527	2.5	0.34	0.177384	0.337634	0.675269
5	20	2.5	2	4	55	10	1.65	7	215	7.224447	2.342638	2.062714	2.440904	4.783543	0.431211	0.510271	0.022249	0.046512	0.093023	2.5	0.34	0.139724	0.292093	0.584186
6	25	2.5	2	4	55	10	0.85	7	108	10.6852	6.922186	2.11691	1.881506	8.803692	0.240457	0.213718	0.081516	0.092593	0.231481	2.5	0.34	0.511918	0.581481	1.453704
7	25	2.5	2	4	55	10	1	7	133	11.89705	6.486847	2.240505	2.705103	9.191949	0.243746	0.29429	0.069112	0.075188	0.18797	2.5	0.34	0.434026	0.47218	1.180451
8	25	2.5	2	4	55	10	1.2	7	168	10.37485	5.308371	3.134376	2.53324	7.841611	0.399711	0.323051	0.046676	0.059524	0.14881	2.5	0.34	0.293127	0.37381	0.934524
9	25	2.5	2	4	55	10	1.5	7	225	9.065211	4.137041	2.597577	2.464085	6.601126	0.393505	0.373283	0.029338	0.044444	0.111111	2.5	0.34	0.184245	0.279111	0.697778
10	25	2.5	2	4	55	10	1.65	7	250	8.317872	3.990719	1.914871	2.163576	6.154296	0.311144	0.351555	0.024617	0.04	0.1	2.5	0.34	0.154596	0.2512	0.628
11	30	2.5	2	4	55	10	0.85	7	109	16.79019	6.352183	2.995328	5.219006	11.57119	0.258861	0.451033	0.106158	0.091743	0.275229	2.5	0.34	0.66667	0.576147	1.72844
12	30	2.5	2	4	55	10	1	7	135	16.93039	6.245206	2.775364	5.342591	11.5878	0.239507	0.461053	0.085836	0.074074	0.222222	2.5	0.34	0.539047	0.465185	1.395556
13	30	2.5	2	4	55	10	1.2	7	171	16.40844	5.640588	3.831411	5.383925	11.02451	0.347536	0.488359	0.064471	0.05848	0.175439	2.5	0.34	0.404877	0.367251	1.101754
14	30	2.5	2	4	55	10	1.5	7	240	13.90853	3.764885	2.804281	5.071823	8.836709	0.317344	0.573949	0.03682	0.041667	0.125	2.5	0.34	0.231227	0.261667	0.785
15	30	2.5	2	4	55	10	1.65	7	270	12.16966	3.00424	1.897371	4.582708	7.586949	0.250084	0.604025	0.0281	0.037037	0.111111	2.5	0.34	0.176467	0.232593	0.697778
16	20	5	2	4	55	20	0.85	7	100	12.39051	4.93464	1.135133	3.727937	8.662577	0.131039	0.43035	0.086626	0.2	0.2	5	0.34	0.54401	1.256	1.256
17	20	5	2	4	55	20	1	7	124	10.82944	3.882372	1.25707	3.473535	7.355907	0.170893	0.47221	0.059322	0.16129	0.16129	5	0.34	0.372541	1.012903	1.012903
18	20	5	2	4	55	20	1.2	7	156	9.216682	3.01295	1.369943	3.101866	6.114816	0.224037	0.507271	0.039198	0.128205	0.128205	5	0.34	0.246161	0.805128	0.805128
19	20	5	2	4	55	20	1.5	7	186	8.055486	2.314479	1.17353	2.870504	5.184983	0.226333	0.553619	0.027876	0.107527	0.107527	5	0.34	0.175063	0.675269	0.675269
20	20	5	2	4	55	20	1.65	7	215	7.615833	1.97972	1.457189	2.818056	4.797776	0.303722	0.587367	0.022315	0.093023	0.093023	5	0.34	0.14014	0.584186	0.584186
21	25	5	2	4	55	20	0.85	7	108	13.01729	6.674253	0.994097	3.171519	9.845772	0.100967	0.32212	0.091165	0.185185	0.231481	5	0.34	0.572513	1.162963	1.453704
22	25	5	2	4	55	20	1	7	133	12.84909	6.189854	1.328186	3.329618	9.519472	0.139523	0.349769	0.071575	0.150376	0.18797	5	0.34	0.449491	0.944361	1.180451
23	25	5	2	4	55	20	1.2	7	168	10.78198	4.945734	2.172308	2.918124	7.863857	0.276239	0.37108	0.046809	0.119048	0.14881	5	0.34	0.293958	0.747619	0.934524
24	25	5	2	4	55	20	1.5	7	225	9.134855	3.818179	1.748302	2.658338	6.476517	0.269945	0.410458	0.028785	0.088889	0.111111	5	0.34	0.180767	0.558222	0.697778
25	25	5	2	4	55	20	1.65	7	250	7.274692	3.349197	1.138322	1.962748	5.311945	0.214295	0.369497	0.021248	0.08	0.1	5	0.34	0.133436	0.5024	0.628
26	30	5	2	4	55	20	0.85	7	109	13.8644	5.117322	1.207762	4.37354	9.490862	0.127255	0.460816	0.087072	0.183486	0.275229	5	0.34	0.546813	1.152294	1.72844
27	30	5	2	4	55	20	1	7	135	16.0563	6.13325	1.477678	4.961526	11.09478	0.133187	0.447195	0.082184	0.148148	0.222222	5	0.34	0.516113	0.93037	1.395556
28	30	5	2	4	55	20	1.2	7	171	17.0433	5.529903	2.117406	5.756699	11.2866	0.187604	0.510047	0.066004	0.116959	0.175439	5	0.34	0.414502	0.734503	1.101754
29	30	5	2	4	55	20	1.5	7	240	14.84404	4.517	1.93562	5.163522	9.680522	0.19995	0.533393	0.040336	0.083333	0.125	5	0.34	0.253307	0.523333	0.785
30	30	5	2	4	55	20	1.65	7	270	14.16679	4.019877	1.614065	5.073458	9.093335	0.1775	0.557931	0.033679	0.074074	0.111111	5	0.34	0.211504	0.465185	0.697778
31	20	7.5	2	4	55	30	0.85	7	100	11.60595	4.961561	0.833584	3.322192	8.283754	0.100629	0.401049	0.082838	0.3	0.2	7.5	0.34	0.52022	1.884	1.256
32	20	7.5	2	4	55	30	1	7	124	10.4518	3.938343	0.963654	3.256726	7.195069	0.133933	0.452633	0.058025	0.241935	0.16129	7.5	0.34	0.364395	1.519355	1.012903
33	20	7.5	2	4	55	30	1.2	7	156	9.187586	3.129452	1.190364	3.029067	6.158519	0.193287	0.49185	0.039478	0.192308	0.128205	7.5	0.34	0.24792	1.207692	0.805128
34	20	7.5	2	4	55	30	1.5	7	186	8.17927	2.239623	1.075843	2.969823	5.209447	0.206518	0.570084	0.028008	0.16129	0.107527	7.5	0.34	0.175889	1.012903	0.675269
35	20	7.5	2	4	55	30	1.65	7	215	7.607953	1.782742	1.19774	2.912605	4.695348	0.255091	0.620317	0.021839	0.139535	0.093023	7.5	0.34	0.137148	0.876279	0.584186
36	25	7.5	2	4	55	30	0.85	7	108	10.42393	6.459745	0.506726	1.982095	8.44184	0.060026	0.234794	0.078165	0.277778	0.231481	7.5	0.34	0.490877	1.744444	1.453704
37	25	7.5	2	4	55	30	1	7	133	10.45853	6.018824	0.778398	2.21985	8.238675	0.094481	0.269443	0.061945	0.225564	0.18797	7.5	0.34	0.389014	1.416541	1.180451
38	25	7.5	2	4	55	30	1.2	7	168	10.2398	5.037544	3.044063	2.60113	7.638674	0.398507	0.340521	0.045468	0.178571	0.14881	7.5	0.34	0.285541	1.121429	0.934524
39	25	7.5	2	4	55	30	1.5	7	225	9.019871	3.910273	1.263054	2.554799	6.465072	0.195366	0.395169	0.028734	0.133333	0.111111	7.5	0.34	0.180447	0.837333	0.697778
40	25	7.5	2	4	55	30	1.65	7	250	8.179476	3.636655	0.825122	2.271411	5.908066	0.13966	0.384459	0.023632	0.12	0.1	7.5	0.34	0.148411	0.7536	0.628
41	30	7.5	2	4	55	30	0.85	7	109	15.14951	5.748501	0.832438	4.700504	10.44901	0.079667	0.449852	0.095862	0.275229	0.275229	7.5	0.34	0.602016	1.72844	1.72844
42	30	7.5	2	4	55	30	1	7	135	15.67835	5.448625	0.95568	5.114861	10.56349	0.09047	0.484202	0.078248	0.222222	0.222222	7.5	0.34	0.491398	1.395556	1.395556
43	30	7.5	2	4	55	30	1.2	7	171	14.86833	4.590589	1.45659	5.138871	9.72946	0.149709	0.528176	0.056897	0.175439	0.175439	7.5	0.34	0.357316	1.101754	1.101754
44	30	7.5	2	4	55	30	1.5	7	240	13.5524	3.966866	1.361892	4.792766	8.759361	0.155474	0.547142	0.036498	0.125	0.125	7.5	0.34	0.22921	0.785	0.785
45	30	7.5	2	4	55	30	1.65	7	270	12.57068	3.732523	1.239771	4.41908	8.151604	0.152089	0.542112	0.030191	0.111111	0.111111	7.5	0.34	0.1896	0.697778	0.697778

LAMPIRAN 4

Data hasil perhitungan pada model 2

No	Kedalaman d (m)	B/w	Model	w	Porositas n (%)	Lebar model B (cm)	Periode T (dt)	Stroke (cm)	Panjang Gelombang L (cm)	H max (cm)	H min (cm)	Ht (cm)	Hr (cm)	Hi (cm)
1	20	2.5	2	4	55	10	0.85	7	100	12.17155	5.03952	2.071685	3.566017	8.605538
2	20	2.5	2	4	55	10	1	7	124	10.03345	3.941494	2.033385	3.045977	6.98747
3	20	2.5	2	4	55	10	1.2	7	156	9.550715	3.274302	2.311632	3.138206	6.412508
4	20	2.5	2	4	55	10	1.5	7	186	7.752949	2.754503	1.996361	2.499223	5.253726
5	20	2.5	2	4	55	10	1.65	7	215	7.224447	2.342638	2.062714	2.440904	4.783543
6	25	2.5	2	4	55	10	0.85	7	108	10.6852	6.922186	2.11691	1.881506	8.803692
7	25	2.5	2	4	55	10	1	7	133	11.89705	6.486847	2.240505	2.705103	9.191949
8	25	2.5	2	4	55	10	1.2	7	168	10.37485	5.308371	3.134376	2.53324	7.841611
9	25	2.5	2	4	55	10	1.5	7	225	9.065211	4.137041	2.597577	2.464085	6.601126
10	25	2.5	2	4	55	10	1.65	7	250	8.317872	3.990719	1.914871	2.163576	6.154296
11	30	2.5	2	4	55	10	0.85	7	109	16.79019	6.352183	2.995328	5.219006	11.57119
12	30	2.5	2	4	55	10	1	7	135	16.93039	6.245206	2.775364	5.342591	11.5878
13	30	2.5	2	4	55	10	1.2	7	171	16.40844	5.640588	3.831411	5.383925	11.02451
14	30	2.5	2	4	55	10	1.5	7	240	13.90853	3.764885	2.804281	5.071823	8.836709
15	30	2.5	2	4	55	10	1.65	7	270	12.16966	3.00424	1.897371	4.582708	7.586949
16	20	5	2	4	55	20	0.85	7	100	12.39051	4.93464	1.135133	3.727937	8.662577
17	20	5	2	4	55	20	1	7	124	10.82944	3.882372	1.25707	3.473535	7.355907
18	20	5	2	4	55	20	1.2	7	156	9.216682	3.01295	1.369943	3.101866	6.114816
19	20	5	2	4	55	20	1.5	7	186	8.055486	2.314479	1.17353	2.870504	5.184983
20	20	5	2	4	55	20	1.65	7	215	7.615833	1.97972	1.457189	2.818056	4.797776
21	25	5	2	4	55	20	0.85	7	108	13.01729	6.674253	0.994097	3.171519	9.845772
22	25	5	2	4	55	20	1	7	133	12.84909	6.189854	1.328186	3.329618	9.519472
23	25	5	2	4	55	20	1.2	7	168	10.78198	4.945734	2.172308	2.918124	7.863857
24	25	5	2	4	55	20	1.5	7	225	9.134855	3.818179	1.748302	2.658338	6.476517
25	25	5	2	4	55	20	1.65	7	250	7.274692	3.349197	1.138322	1.962748	5.311945
26	30	5	2	4	55	20	0.85	7	109	13.8644	5.117322	1.207762	4.37354	9.490862
27	30	5	2	4	55	20	1	7	135	16.0563	6.13325	1.477678	4.961526	11.09478
28	30	5	2	4	55	20	1.2	7	171	17.0433	5.529903	2.117406	5.756699	11.2866
29	30	5	2	4	55	20	1.5	7	240	14.84404	4.517	1.93562	5.163522	9.680522
30	30	5	2	4	55	20	1.65	7	270	14.16679	4.019877	1.614065	5.073458	9.093335
31	20	7.5	2	4	55	30	0.85	7	100	11.60595	4.961561	0.833584	3.322192	8.283754
32	20	7.5	2	4	55	30	1	7	124	10.4518	3.938343	0.963654	3.256726	7.195069
33	20	7.5	2	4	55	30	1.2	7	156	9.187586	3.129452	1.190364	3.029067	6.158519
34	20	7.5	2	4	55	30	1.5	7	186	8.17927	2.239623	1.075843	2.969823	5.209447
35	20	7.5	2	4	55	30	1.65	7	215	7.607953	1.782742	1.19774	2.912605	4.695348
36	25	7.5	2	4	55	30	0.85	7	108	10.42393	6.459745	0.506726	1.982095	8.44184
37	25	7.5	2	4	55	30	1	7	133	10.45853	6.018824	0.778398	2.21985	8.238675
38	25	7.5	2	4	55	30	1.2	7	168	10.2398	5.037544	3.044063	2.60113	7.638674
39	25	7.5	2	4	55	30	1.5	7	225	9.019871	3.910273	1.263054	2.554799	6.465072
40	25	7.5	2	4	55	30	1.65	7	250	8.179476	3.636655	0.825122	2.271411	5.908066
41	30	7.5	2	4	55	30	0.85	7	109	15.14951	5.748501	0.832438	4.700504	10.44901
42	30	7.5	2	4	55	30	1	7	135	15.67835	5.448625	0.95568	5.114861	10.56349
43	30	7.5	2	4	55	30	1.2	7	171	14.86833	4.590589	1.45659	5.138871	9.72946
44	30	7.5	2	4	55	30	1.5	7	240	13.5524	3.966866	1.361892	4.792766	8.759631
45	30	7.5	2	4	55	30	1.65	7	270	12.57068	3.732523	1.239771	4.41908	8.151604

LAMPIRAN 5

No	Keterangan	sampel
a.	Beratcontoh SSD di udara	2175
b.	Beratcontohkering oven di udara	2125
c.	Beratcontoh SSD dalam air	1354

Beratjeniscurah B / A-C 2.588306943

Beratjeniskeringpermukaan A / A-C 2.649208283

Beratjenissemu B / B-C 2.75616083

Penyerapan air A-B / B * 100 % 2.352941176

LAMPIRAN 6

TEST RESULTS OF GENERAL PROPERTIES
(Wet Density, Water Content, Dry Density, Porosity, & Degree of Saturation)

PROJECT	: Sample Batuan		
LOCATION	:		
STASIUN	:		
BORING DEPTH	:		
TESTING METHOD	: ASTM D 2216-(98), D 2937-(71), AASHTO T100-71	TESTED BY	: DARIUS & HASBI
LABORATORY	: HASANUDDIN UNIVERSITY	DATE	

Bore Hole No.	-											KETERANGAN
Sample	-	1		2		3		4				
Sample Depth & Inclination	m	SAMPL 01		SAMPLE 02		SAMPLE 03		SAMPLE 04				
Ring / Container Number	-	1	2	1	2	1	2	1	2			
Weight of Ring, (1)	Gram	67.50		65.00								
Weight of Container, (2)	Gram	8.00		8.00								
Weight of Ring+Container+Wet Sample, (3)	Gram	1556.00		1606.50								
Weight of Wet sample, (4)={(3)-(2)-(1)}	Gram	1480.50		1533.50								
Volume of sample or Ring, (5)	cm ³	1260.00		1260.00								
Weight of Ring+Container+Dry sample, (6)	Gram	1522.00		1569.50								
Weight of Dry sample, (7)={(6)-(2)-(1)}	Gram	1446.50		1496.50								
Weight of Water, (8)=(4)-(7)	Gram	34.00		37.00								
Specific Gravity, Gs	-	2.690		2.640								
Volume of Dry sample, (9)=(7)/Gs	cm ³	537.73		566.86								
Volume of Pore, (10)=(5)-(9)	cm ³	722.27		693.14								
Wet Density, $\gamma_{wet}=(4)/(5)$	Gr/cm ³	1.175		1.217								
Water Content, $w=(8)/(7)*100\%$	%	2.35		2.47								
Dry Density, $\gamma_d=\gamma_{wet}/(1+w)$	Gr/cm ³	1.148		1.188								
Porosity, $n=(10)/(5)*100\%$	%	57.32		55.01								
Degree of Saturation, $S_r=(8)/(10)*100\%$	%	4.71		5.34								